8.58
8.60
Iegūts apmaiņā pret
Acta Horti Botanici.
Nachlaß von Prof. N. Malta 606

SUOMALAISEN ELÄIN- JA
KASVITIETEELLISEN SEURAN

VANAMON
KASVITIETEELLISIÄ JULKAISUJA

OSA 1

ANNALES BOTANICI

SOCIETATIS ZOOLOGICÆ-BOTANICÆ
FENNICÆ

VANAMO

TOM. 1

HELSINKI 1931

SUOMALAISEN ELÄIN- JA KASVITIETEELLISEN SEURAN VANAMON JULKAISUJA
ANNALES SOCIETATIS ZOOLOGICÆ-BOTANICÆ FENNICÆ VANAMO

OSA 1. — TOM. 1. N:o 1. LINKOLA, K., Kulturen mit Nostoc-Gonidien der Peltigera-Arten. — N:o 2. LIRO, J. IVAR, Ueber die brandige aptera-Form von Polygonum dumetorum L. — N:o 3. VAINIO, EDV. A., Lichenes in summo monte Doi Sutep (cic. 1675 m s. m.) in Siam boreali anno 1904 a D:re C. C. Hosseo collecti. — N:o 4. VAINIO, EDV. A., Mycosymbiose. Symbiose de deux champignons. — N:o 5. LIRO, J. I., Über das Auftreten von Ustilago milii in den Rispen der Nährpflanze. — N:o 6. LINKOLA, K., Über die Isidienbildungen der Peltigera praetextata (Flk.) Zopf. — N:o 7. LINKOLA, K., Zur Kenntnis der Überwinterung der Unkräuter und Ruderalpflanzen in der Gegend von Helsingfors. — N:o 8. ROIVAINEN, H., Tietoja kasvillisuudesta sekä putkilo- ja lehtisammalkasvistosta keskisen Luttojoen seuduilla. (Beobachtungen über die Vegetation und die Gefässpflanzen- und Laubmoosflora in der Gegend des Flusses Luttojoki in Finnisch-Lappland.) — N:o 9. AUER, VÄINÖ, Phragmites communis (L.) auf den Mooren von Kuusamo und Kuolajärvi.

OSA 2. — TOM. 2. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 3. — TOM. 3. N:o 1. KROHN, VÄINÖ, Piirteitä Säkkijärven ja sen ympäristön kasvistosta vuosina 1913 ja 1923. (Zur Flora des Kirchspiels Säkkijärvi nebst Umgegend in den Jahren 1913 und 1923.)— N:o 2. HINTIKKA, T. J., Tuburcinia festucae-elatioris n. sp. — N:o 3. HINTIKKA, T. J., Über das Vorkommen von Helodea canadensis (L.) Rich. in Finnland. — N:o 4. HINTIKKA, T. J., Kasviteratologiset tiedonannot Suomen kasvitieteellisessä kirjallisuudessa vuoteen 1922 asti. (Die pflanzenteratologischen Notizen in der botanischen Literatur Finnlands bis zum Jahre 1922.) — N:o 5. METSÄVAINIO, K., Oulun seudun talvisiementäjät. (Zur Kenntnis der Wintersteher in der Gegend von Oulu-Uleåborg.) — N:o 6. PORKKA, OSMO H., Satunnaiskasveja Antrean pitäjästä. (Zufällige Pflanzen aus dem Kirchspiel Antrea.) — N:o 7. RAINIO, A. J., Uredinae Lapponicae. — N:o 8. RÄSÄNEN, VELI, Die Flechtenflora des Gebiets Ostrobottnia borealis.

OSA 4. — TOM. 4. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 5. — TOM. 5. N:o 1. TERÄSVUORI, KAARLO, Wiesenuntersuchungen I. — N:o 2. RAINIO, A. J., Über die Intersexualität bei der Gattung Salix. — N:o 3. CAJANDER, A. K., Übersicht der finnischen pflanzengeographischen Forschungstätigkeit. — N:o 4. RAINIO, A. J., Über die Achselknospen der Weiden. — N:o 5. RAINIO, A. J., Abnormitäten bei Pteridophyten. — N:o 6. RAINIO, A. J., Über die Intersexualität bei den Coniferen. (Eine vorläufige Mitteilung.) — N:o 7. KOTILAINEN, MAUNO J., Hygrohypnum styriacum (Limpr.) Broth. Ein neues Moos in Fennoskandia. — N:o 8. ULVINEN, ARVI, Kotkan sataman ja rata-alueen kasvisto vv. 1914—1924. (Über die Flora im Hafen und im Bahngebiet der Stadt Kotka 1914—1924.)

OSA 6. — TOM. 6. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 7. — TOM. 7. N:o 1. RÄSÄNEN, VELI, Über Flechtenstandorte und Flechtenvegetation im westlichen Nordfinnland. — N:o 2. VALLE, K. J., Suomen Nymphaea-lajit. (Über die Nymphaea Arten Finnlands.) — N:o 3. TERÄSVUORI, KAARLO, Wiesenuntersuchungen II.

OSA 8. — TOM. 8. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 9. — TOM. 9. N:o 1. PESOLA, VILHO A., Kalsiumkarbonaatti kasvimaantieteellisenä tekijänä Suomessa. (Calcium Carbonate as a Factor in the Distribution of Plants in Finland.) — N:o 2. RAINIO, A. J., Abnormitäten bei Taraxacum. — N:o 3. RAINIO, A. J., Polygonum lapathifolium Ait., eine neue Wirtpflanze von Puccinia polygoni-amphibii. — N:o 4. RAINIO, A. J., Wurzelkropfgalle bei der roten Rübe. — N:o 5. RAINIO, A. J., Über die Intersexualität bei der Gattung Papaver. — N:o 6. ROIVAINEN, H., Lisätietoja eräiden lehtisammalajien esiintymisestä maassamme. (Angaben über das Vorkommen einiger Laubmoosarten in Finnland.) — N:o 7. GYÖRFFY, I., Monstruoses Sporophyton von Tetraplodon bryoides aus Suomi. — N:o 8. VAINIO, EDV. A., Duae species Placodio gilvo (Hoffm.) Vain. affines.

OSA 10. — TOM. 10. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 11. — TOM. 11. N:o 1. KOTILAINEN, MAUNO J., Über das boreale Laubmooselement in Ladoga-Karelien. Eine kausal-ökologische und floristische Studie. — N:o 2. LIRO, J. IVAR, Über die Mosaikkrankheit der Prunella vulgaris L. — N:o 3. LINKOLA, K., Über das Vorkommen von Samenkeimlingen bei Pollakanthen in den natürlichen Pflanzengesellschaften. — N:o 4. SUOMALAINEN, PAAVO, Über die Samenkeimlinge auf einer Meeresstrandwiese in Südfinnland. — N:o 5. WEIN, K., Elia Tillandz's »Catalogus Plantarum» (1683) im Lichte seiner Zeit erklärt und gewürdigt. Ein Beitrag zur Geschichte der Floristik und zur Geschichte der Botanik in Finnland.

OSA 12. — TOM. 12. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 13. — TOM. 13. N:o 1. PARVELA, A. A., Oulun läänin viljelyskasvit, niiden historia ja nykyinen levinneisyys I. (Über die Kulturpflanzen im Län Oulu-Uleåborg, ihre Geschichte und Verbreitung I.) — N:o 2. SAASTAMOINEN, SAARA, Mesimarja (Rubus arcticus L.) Suomessa. (Die nordische Himbeere (Rubus arcticus L.) in Finnland.)

OSA 14. — TOM. 14. Eläintiedettä. — Zoologica.

OSA 15. — TOM. 15. N:o 1. AHONEN, IRJA, Blattanatomische Untersuchungen an Zwergsträuchern und Kräutern der Moore. — N:o 2. PORKKA, OSMO H., Über eine neue Methode zur Bestimmung der Bodenatmung. — N:o 3. PORKKA, OSMO H., Orientierende Versuche über den täglichen Gang der Bodenatmung. — N:o 4. PAASIO, ILMARI, Pohjois-Satakunnan soiden jäkälistä. (Über die Flechten der Moore in Nord-Satakunta.) — N:o 5. LUOTOLA, V. L., Tutkimuksia Kustavin kasvillisuudesta ja kasvistosta. (Untersuchungen über die Schärenvegetation und -Flora im Kirchspiel Kustavi.) — APPENDIX, KROHN, VÄINÖ, Über die Vegetation und Flora des äussersten Schärengürtels Südwest-Kareliens.

Sarja päättyy tähän osaan. — In hoc volumine finitur series.

Nachlaß von Prof. N. Malta
606.

SUOMALAISEN ELÄIN- JA
KASVITIETEELLISEN SEURAN

VANAMON
KASVITIETEELLISIÄ JULKAISUJA

OSA 1

ANNALES BOTANICI

SOCIETATIS ZOOLOGICÆ-BOTANICÆ
FENNICÆ

VANAMO

TOM. 1

Zuv. 1934: 393.

HELSINKI 1931

HELSINKI 1931
SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINON OY.

SISÄLLYS. — INDEX.

Siv.-Pag.

N:o 1. Metsävainio, Kaarlo, Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. (Mit 86 Abbildungen im Text und 8 Texttabellen.) .... I—VII; 1—418

Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia suokasvien juuristoista ..... 419—422

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/annales-botanici-fennici_1931_1_1_0

Suomalaisen Eläin- ja Kasvitieteellisen Seuran Vanamon
Kasvitieteellisiä Julkaisuja
Osa 1. N:o 1.
Annales Botanici Societatis Zoologicæ-Botanicæ Fennicæ Vanamo.
Tom. 1. N:o 1.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS WURZELSYSTEM DER MOORPFLANZEN

von

KAARLO METSÄVAINIO

Mit 86 Abbildungen im Text und 8 Texttabellen

Suomenkielinen selostus:
Tutkimuksia suokasvien juuristoista.

HELSINKI 1931

HELSINKI 1931
DRUCKEREI DER FINNISCHEN LITERATUR-GESELLSCHAFT

INHALTSVERZEICHNIS.

Seite

Vorwort 1
I. Literaturübersicht 3
II. Über die Untersuchungsmethoden 19
1. Wahl und Beschreibung der Probeflächen 19
2. Das Herausgraben der Wurzeln; Notizen und Zeichnungen (auf den Probeflächen) 20
3. Bestimmung der Ausdehnung und der Reichlichkeit der Wurzeln mit Hilfe von Profilen und nach anderen Verfahren 23
4. Umfang des Untersuchungsmaterials 24
III. Probeflächenbeschreibungen 26
1. Die bei der Beschreibung der Probeflächen angewendeten Abkürzungen 26
2. Die Probeflächen 29
IV. Einzelbeschreibungen des Wurzelsystems der Moorpflanzen ... 53
Equisetum palustre 53
Eq. fluviatile 54
Eq. silvaticum 56
Sparganium simplex 56
Sp. minimum 57
Scheuchzeria palustris 58
Hierochloë odorata 63
Nardus stricta 64
Agrostis vulgaris 65
A. canina 66
Calamagrostis phragmitoides 67
C. stricta 69
Aera flexuosa 70
A. caespitosa 71
Phragmites communis 72
Molinia coerulea 75
Festuca rubra 83
Eriophorum polystachyum 84

Eriophorum latifolium 91
Er. vaginatum 96
Er. callitrix 100
Er. gracile 101
Er. alpinum 102
Scirpus caespitosus 106
Rhynchospora alba 112
Carex vesicaria 113
C. rostrata 116
C. filiformis 120
C. irrigua 124
C. limosa 132
C. capillaris 137
C. flava 138
C. Oederi 141
C. sparsiflora 143
C. panicea 146
C. globularis 148
C. aquatilis 151
C. caespitosa 151
C. Goodenoughii 156
C. Goodenoughii v. juncella 162
C. echinata 162
C. canescens 166
C. loliacea 171
C. heleonastes 173
C. chordorrhiza 176
C. teretiuscula 179
C. microstachya 181
C. pauciflora 183
C. dioeca 187
Calla palustris 193
Juncus filiformis 197
J. stygius 202
Luzula campestris:
**multiflora* 203
**sudetica* 204
Majanthemum bifolium 204
Paris quadrifolius 206
Orchis maculatus 208
O. incarnatus 210
O. Traunsteineri 211
Gymnadenia conopea 211
Platanthera bifolia 213
Listera ovata 213

L. cordata ... 215
Cypripedilum calceolus ... 218
Betula nana ... 220
Montia lamprosperma ... 222
Caltha palustris ... 224
Ranunculus acer ... 228
R. repens ... 230
Drosera rotundifolia ... 231
D. longifolia ... 235
Parnassia palustris ... 236
Ulmaria pentapetala ... 240
Rubus arcticus ... 242
R. chamaemorus ... 245
Geum rivale ... 246
Comarum palustre ... 247
Geranium silvaticum ... 250
Empetrum nigrum ... 251
Rhamnus frangula ... 253
Viola palustris ... 254
V. epipsila ... 255
Daphne mezereum ... 256
Epilobium palustre ... 256
Angelica silvestris ... 258
Peucedanum palustre ... 259
Cornus suecica ... 261
Pirola minor ... 262
P. secunda ... 264
P. rotundifolia ... 265
Ledum palustre ... 266
Cassandra calyculata ... 269
Andromeda polifolia ... 270
Myrtillus nigra ... 272
M. uliginosa ... 274
Vaccinium vitis idaea ... 275
Oxycoccus palustre ... 278
O. microcarpus ... 281
Calluna vulgaris ... 282
Trientalis europaea ... 285
Lysimachia thyrsiflora ... 289
Menyanthes trifoliata ... 291
Myosotis palustris ... 298
Scutellaria galericulata ... 298
Prunella vulgaris ... 299
Rhinanthus minor ... 300
Melampyrum pratense ... 304

M. silvaticum 302
Pedicularis palustris 303
P. sceptrum 305
Pinguicula vulgaris 305
Galium palustre 306
G. uliginosum 307
Linnaea borealis 308
Cirsium heterophyllum 310
C. palustre 310
Solidago virgaurea 311
Crepis paludosa 312
V. Morphologie und Anatomie der Wurzelsysteme 314
1. Die morphologischen Wurzelsystemtypen 314
2. Anatomische Charakterkennzeichen der Wurzelsystemtypen 324
3. Über das Vorkommen von Interzellularräumen in der Innenrinde der Rhizome und Wurzeln ..... 33[illegible]
4. Über die Wurzelhaare der untersuchten Moorpflanzenarten ..... 33[illegible]
5. Über das Vorkommen und die Bedeutung der Mykorrhizen. 339
A. Historisches 339
B. Über die Mykorrhizen der untersuchten Moorpflanzen 340
6. Über die Regeneration und die Dehnbarkeit der Wurzeln einiger Moorpflanzenarten 343
VI. Das Auftreten, die Ausdehnung und die Reichlichkeit der Wurzelsysteme 347
1. Über frühere die Tiefe der Wurzeln betreffende Untersuchungen 347
2. Die Tiefe der Wurzelsysteme und ihr Schwanken auf verschiedenen Moortypen 354
3. Die Tiefe der Wurzelsysteme und die Pflanzenzusammensetzung der Torfart 362
4. Das Verhältnis der Tiefe der Wurzelsysteme zur Grundwasserhöhe 379
5. Die Reichlichkeit der Wurzelsysteme in verschiedenen Tiefen auf verschiedenartigen Mooren 376
VII. Auf das Auftreten, die Ausdehnung und die Formverhältnisse der Wurzelsysteme einwirkende Faktoren 384
1. Die allgemeinen Voraussetzungen für ein lebendes Wurzelsystem im Torfe 384
2. Einfluss des inneren Baues der Wurzelsysteme auf deren Ausdehnung 385
3. Die Ausdehnung und das Vorkommen der Wurzelsysteme im Verhältnis zu den exogenen Faktoren 390

A. Die Beziehung der Tiefe der Wurzelsysteme und der Zusammensetzung der Pflanzendecke zur Grundwasserhöhe 390
B. Das Verhältnis der Tiefe zu der Pflanzenzusammensetzung und der Huminosität der Torfart 395
4. Auf die Länge und Reichlichkeit der Wurzelhaare einwirkende Faktoren 401
VIII. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung 405
Literaturverzeichnis 408
Berichtigungen 418
Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia suokasvien juuristoista 419

IN DEN FIGUREN VORKOMMENDE VERKÜRZUNGEN.

Ar.	= Aussenrinde.	p.Lh.	= periphere Lufthöhle.
Ir.	= Innenrinde.	z.Lh.	= zentrale Lufthöhle.
End.	= Endodermis.	Mg.	= mechanisches Gewebe.
Epd.	= Epidermis.	R.	= Rinde.
Exd.	= Exodermis.	Ssch.	= Schutzscheide.
Izr.	= Interzellularraum.	Tg.Lh.	= tangentiale Lufthöhle.
Lh.	= Lufthöhle.	Zz.	= Zentralzylinder.

VORWORT.

Gegen das Frühjahr 1927 forderte Professor Dr. K. LINKOLA mich auf, eine Untersuchung der Wurzelsysteme der Moorkräuter und -reiser vorzunehmen. Diesbezügliche Untersuchungen fehlen beinahe gänzlich bei uns und sind auch sonst sehr wenig zahlreich, weshalb die Aufgabe nicht nur wichtig war, sondern auch viel Neues versprach. Dies war der Anstoss zu der Arbeit, die jetzt hier fertig vorliegt.

Um mich mit den für eine derartige Arbeit in Betracht kommenden Methoden vertraut zu machen, reiste ich am Anfang Juni des genannten Jahres nach Helsinki und von dort in Gesellschaft Prof. LINKOLAS und des Dozenten Dr. V. KUJALA nach Ruotsinkylä in Tuusula, wo ich auf den in der Nähe der Versuchsstation der Forstwissenschaftlichen Forschungsanstalt gelegenen Mooren unter der Anleitung der erwähnten Herren verschiedene Moortypen und die Arbeitsmethoden kennen lernte, die ich bei meiner »Feldarbeit» auf den Mooren Sotkamos im Norden Finnlands anwenden sollte. Während der Sommermonate 1927—1930 führte ich dann in Nord-Finnland, hauptsächlich in Sotkamo, aber auch in Paltamo und Oulu Wurzelsystemuntersuchungen aus.

Das Ordnen, die Mikroskopierung, das Zeichnen und die eigentliche Behandlung des Materials fand ausser im Laufe der obenerwähnten Sommer in den Weihnachtsferien und abends nach erledigter Schularbeit statt.

Professor K. LINKOLA hat meine Arbeit die ganze Zeit über mit Interesse verfolgt und mir stets mit Ratschlägen und Ermunterungen zur Seite gestanden, wie sehr sich die Schwierigkeiten auch häuften. Es ist mir daher eine angenehme Pflicht, ihm meinen verbindlichsten Dank zu sagen sowohl für den interessanten Untersuchungsgegenstand als für die zahlreichen Ratschläge und die sonstige wertvolle

Hilfe, die er mir während der Dauer meiner Arbeit hat zuteil werden lassen. Im Sommer 1928 nahm ich an den Sommerkursen des Finnischen Moorkulturvereins teil, die in Mieslahti bei Kajaani stattfanden. Hier machte ich mich durch die Vorlesungen des Dozenten Dr. MAUNO J. KOTILAINEN mit den Methoden der modernen Moorforschung und den verschiedenen Moortypen vertraut. Auch später habe ich viel wertvolle Hilfe, gute Ratschläge und neue Anregungen von Dozent Dr. KOTILAINEN erhalten. Hierfür, wie auch für die Bestimmungen oder die Kontrollierung der Bestimmungen der im Zusammenhang mit der vorliegende Untersuchung entnommenen Laubmoosproben sage ich ihm meinen besten Dank. Ferner bin ich Prof. Dr. HARRY WARÉN, der meine *Sphagnum*-Proben entweder bestimmt oder die Bestimmungen derselben kontrolliert hat, Direktor H. ROIVAINEN, der die im Sommer 1927 entnommenen Moosproben bestimmt und als geschickter Photograph mir beim Photographieren der Wurzelsysteme geholfen hat, sowie Professor Dr. PAULI TUORILA für die pH-Bestimmungen der von mir genommenen Torfproben zu Dank verpflichtet. Für die Sorge um das schliessliche sprachliche Gewand meiner Untersuchung bin ich Herrn Prof. Dr. G. SCHMIDT zu Danke verpflichtet.

Auch der Gesellschaft »Suomalainen Eläin- ja Kasvitieteellinen Seura VANAMO», von der ich zu vier verschiedenen Malen eine Geldunterstützung für meine Arbeiten erhalten habe, sage ich meinen besten Dank für diese wertvolle Hilfe.

Obwohl mein Material vielleicht einigermassen ungleich ausgefallen ist und seine Behandlung Mängel aufweist, wage ich doch zu hoffen, dass die auf ein verhältnismässig umfangreiches Material basierte Untersuchung sowohl zu einer künftigen und sehr erwünschten Klarstellung unserer Moortypen und vor allem zur Kenntnis des Wurzelbaues unserer Moorpflanzen beitragen als auch einiges Licht auf die Standortsverhältnisse, von denen die Zusammensetzung der Pflanzendecke unserer Moore abhängt, werfen werde.

Oulu, den 28. Januar 1931.

Der Verfasser.

I. LITERATURÜBERSICHT.

Um ein allgemeines Bild davon zu erhalten, worauf die bisher ausgeführten Wurzeluntersuchungen vorzugsweise gerichtet gewesen sind und welche Umstände weniger Beachtung gefunden haben, soll hier zunächst ein Überblick über frühere Untersuchungen gegeben werden, mit besonderer Berücksichtigung der die Wurzeln der Mono- und Dikotyledonen, der Gräser, Kräuter und Reiser betreffenden Studien.

Der bekannte Pflanzenphysiologe SACHS veröffentlichte in den Jahren 1859—1860 eine Untersuchung in zwei Bänden mit dem Titel »Wurzelstudien», in der er u. a. die Absorptionsfähigkeit der Wurzelhaare in bezug auf Wasser und der darin gelösten Nährsalze und die Einwirkung verschiedener Nährlösungen auf das Wachstum und die Form der Wurzeln bestimmter Pflanzen behandelte. SACHS (1860, S. 16) erwähnt unter anderem, dass die Pflanzenwurzeln in nahrungsreichen Nährlösungen kurz, aber reicher verzweigt werden und ein dichtes Wurzelnetz auf einem verhältnismässig kleinen Gebiet bilden, während die Wurzeln der in schwächeren Lösungen oder in Wasser gewachsenen Pflanzen länger und dünner werden und verhältnismässig wenig dünne Seitenwurzeln besitzen. Denselben Umstand hat NOBBE (1862, S. 212—214) in betreff der Maiswurzeln seiner Probekulturen hervorgehoben. Er bemerkt auch, wie gering unsere sicheren Kenntnisse sind, sogar wenn es sich um die Wurzeln dermassen wichtiger Pflanzen wie der Kulturpflanzen handelt. In einer späteren Untersuchung hat NOBBE (1865) das Wurzelsystem der gleichen Pflanzen, die in Nährlösungen kultiviert und im Boden gewachsen waren, miteinander verglichen und festgestellt, dass keine Unterschiede vorhanden sind. NOBBE und SIEGERT (1864) haben auch den Einfluss verschiedener Nährlösungen auf das

Wachstum der Wurzeln untersucht und gefunden, dass die unentbehrlichen Nährstoffe (als Ganzes genommen) ebenso wie das Wasser in ihrem Verhältnis zum Wurzelsystem ein bestimmtes Minimum, Optimum und Maximum haben.

Nach SACHS' und NOBBES Untersuchungen sind zahlreiche Arbeiten erschienen, die die Resultate experimenteller Wurzeluntersuchungen vorlegen. Der französische Forscher MÉR (1879, 1880) hat Experimentaluntersuchungen an Sprösslingen einiger Erbsenpflanzen angestellt, indem er den Bau und die Form ihrer Wurzeln auf deren Anpassungsvermögen an verschiedene Verhältnisse hinuntersuchte. Er bemerkt (1880, S. 696), dass die Wurzeln im Wasser lang, dünn und gerade werden und wenig Seitenwurzeln entwickeln, während in Humus kultivierte Wurzeln kürzer, dicker und gekrümmt sind und reichlichere Seitenwurzeln entsenden. In sehr feuchtem Boden nimmt die Bildung von Wurzelhaaren ab, die Wurzeln sind weiss, weil den Wurzelhaaren keine Erdpartikelchen anhaften; in weniger feuchtem Humusboden bilden sich mehr Wurzelhaare, und die Wurzeln sind braun. Von den bisher veröffentlichten Spezialuntersuchungen über gewisse Einzelheiten im Bau des Wurzelsystems oder über das Wachstum beeinflussende Umstände seien REINCKES (1871) Studie über das Wachstum und dieMorphologie der Wurzeln einiger Phanerogamen und eine Untersuchung von SCHWARZ (1883) über die Wurzelhaare erwähnt.

Die chemische Zusammensetzung des Bodens oder die Einwirkung einzelner Nährsalze auf den Habitus oder den inneren Bau der Wurzeln haben ausser den obenerwähnten (SACHS, NOBBE, SIEGERT, MÉR) auch DETMER (1872), MOELLER (1884), DASSONVILLE (1896, 1898), MÜLLER-THURGAN (1897), TUCKER und SEELHORST (1898), ROMANUS (1899), FREIDENFELT (1902), SEELHORST (1902), BÜNGER (1906), WAGNER (1908), POLLE (1910), AALTONEN (1923) u. a. untersucht. Die meisten dieser Studien behandeln Beobachtungen über die Wurzeln von Getreidearten (Gerste, Weizen und Hafer). DETMER (1872) hat zu ermitteln gesucht, was für Veränderungen die Bildung der Wurzeln erfährt, wenn man die Versuchspflanzen in a) Gartenerde, b) Erdmischungen, c) Nährlösungen, in die kein Licht eindringt, und e) Nährlösungen, in die Licht hineingelassen wird, zieht. Er

hat u. a. beobachtet, dass die im Wasser wachsenden Wurzeln sehr lang sind und wenig Wurzelhaare aufweisen. Auch behauptet er (S. 113), dass das Licht die Entstehung von Seitenwurzeln hindere. Moeller (1884) konstatiert nach seinen Kulturversuchen, dass alle Pflanzenteile des Hafers sich in einer normalen Nährlösung am besten entwickeln, die Wurzeln z. B. waren verhältnismässig lang und reichlich mit Seitenwurzeln versehen, während in der schwächsten Nährsalzkonzentration (0.05 p. m.) die Wurzeln unverhältnismässig in die Länge wuchsen und sehr wenig Seitenwurzeln bildeten. Der Mangel an Nahrung kann mithin Verzwergung zur Folge haben. Freidenfelt (1902, S. 122) erwähnt nach Dassonville (1896) und Romanus (1899), dass eine passende Kalkmenge immer vorteilhaft auf die Wurzelbildung einwirkt; die Wurzel entwickelt sich kräftiger, wenn sie eine geeignete Menge Kalk erhält, und schwächer bei Kalkmangel. Zugleich wird die Entwicklung der Wurzeln am kräftigsten befördert, wenn die Pflanze alle erforderlichen Mineralbasen erhält. Müller-Thurgan (1897) hat die Einwirkung des Stickstoffes auf das Wurzelsystem durch Experimente untersucht und dargelegt, dass die Wurzelbildung in stickstoffreicher Nährlösung ausgiebiger und das ganze Wurzelsystem mächtiger entwickelt ist als in stickstoffreier Lösung. Wegen der ausgiebigeren Bildung von Seitenwurzeln sind die Wurzeln in stickstoffreichen Nährlösungen kürzer, obwohl der Stickstoff das Längenwachstum der einzelnen Wurzeln befördert. Tucker und Seelhorst (1898) haben nachgewiesen, dass reichliche Zufuhr von Nährsalzen eine kräftige Wurzelbildung hervorrufen kann, dass aber hinwieder eine allzu grosse Zufuhr von Nährsalzen unvorteilhaft auf die Wurzelbildung einwirkt. In trockenem Boden sind die Wurzeln am schwersten; sie versuchen durch ihre Grösse die knappe Wasserzufuhr zu kompensieren. In magerem Boden entwickelt sich das Wurzelsystem verhältnismässig am mächtigsten. Bünger (1906) hat auch beobachtet, dass die Wurzelbildung bei konstant trockenem Boden in magerer Erde am grössten, bei erheblicher Bodennässe in nährstoffreichem Boden aber am allergrössten ist. Wagner (1908, S. 161—233) bemerkt auch, dass das Wurzelsystem in magerem Boden verhältnismässig umfangreich, in nährstoffarmem Boden kurz und zusammengedrängt ist. Polle (1910) hat die Wurzelentwicklung von Weizen- und Gerstensämlingen in verschiedenen Böden unter-

sucht, und er sagt (S. 41), dass der Weizen in magerem Sandboden zahlreiche lange Wurzeln aufweist, in feuchtem Boden, sowohl in Lehm- als Sandboden, noch mehr Wurzeln entwickelt, aber dass das Gewicht derselben geringer ist. AALTONEN (1923, S. 44) ist zu dem Schluss gelangt, dass die Ausdehnung und das Gewicht der Wurzeln von der Natur des Standortes abhängig ist. In festem und steinigem Boden ist schon der mechanische Widerstand bei der Verbreitung der Wurzeln in Betracht zu ziehen. Die Feuchtigkeitsverhältnisse und der Nährstoffgehalt des Bodens dürften eine wichtige Rolle bei der Wurzelbildung spielen. AALTONEN (S. 53) bemerkt, dass die Verhältnisse auf feuchtem Moorboden an die Verhältnisse in Wasserkulturen erinnern, wo die Wurzeln ihre Nahrung ausschliesslich aus dem Wasser beziehen. Die Wurzeln der Landgewächse können die Stoffe, die sie absorbieren, den Humuspartikelchen entnehmen; die Wurzeln sondern Kohlensäure ab, mit deren Hilfe sie die Erdpartikelchen auflösen.

Die Einwirkung des Wassers auf die Wurzelbildung ist häufig experimentell untersucht worden. Man hat beobachtet, dass sowohl der allgemeine Habitus der Wurzeln als deren bestimmter anatomischer Bau in hohem Grade vom Wassergehalt des Bodens abhängig ist, ja sogar mehr als von allen anderen Standortsfaktoren. PERSEKE (1877, S. 4—8) hat die Wurzelformen verschiedener Land- und Wassergewächse verglichen und beobachtet, dass die im Wasser wachsenden Wurzeln gerade, länger und dünner, ihre Seitenwurzeln regelmässig angeordnet und die Wurzeln weniger elastisch und spröder als die in Humusboden wachsenden Wurzeln sind. Alle obenerwähnten Forscher (DETMER, PERSEKE, MÉR und SCHWARZ), die das Vorkommen von Wurzelhaaren beachtet haben, bemerken, dass die Wurzelhaarbildung in Wasser und in einem Boden, dessen Wassergehalt das Optimum überschreitet, abnimmt oder völlig fehlt; mit der sinkenden Bodennässe gehe eine Zunahme der Haarbildung einher, es sei denn, dass die Trockenheit zu gross ist, was dann eine Abnahme zur Folge habe. GAIN (1895, S. 88) hat beobachtet, dass die Wurzeln sich im Vergleich zum oberflächlichen Teil der Pflanze reichlicher in trockenem als in feuchtem Boden entwickeln. Ferner konstatiert GAIN (S. 142, 193), dass die Hauptwurzel in trockenem Boden gut entwickelt ist und häufig sehr tief in den Boden dringt, bevor sie sich verzweigt, während die Wurzeln in feuchterem Boden

sich mehr verzweigen und zahlreichere Seitenwurzeln bilden, so dass die Hauptwurzel je nach den Verhältnissen sogar ganz verschwinden kann.

Nach Freidenfelt (1902, S. 124—125) dürfte die Zunahme des Wassergehalts des Bodens über eine bestimmte Menge (Optimum) hinaus auf die Reduzierung des Wurzelsystems einwirken, was auf der Luftabnahme im feuchten Boden beruht. Ein das Optimum übersteigender Wassergehalt beschleunigt das Längenwachstum der Wurzeln I. Ordn., und dies ist selbstverständlich geeignet, die Bildung der Seitenwurzeln zu beeinflussen. Jede Pflanzenart hat spezielle Anforderungen in bezug auf die Feuchtigkeit ihres Standortes, und dies trifft auch für ihr Wurzelsystem, dessen Form und Bau zu. Bei der Untersuchung von Pflanzen (z. B. *Nardus stricta*, *Festuca rubra*, *Phragmites communis*, *Parnassia palustris*), die sowohl in exquisit trockenem als exquisit feuchtem Boden zu wachsen vermögen, hat Freidenfelt beobachtet, dass die Unterschiede in betreff der anatomischen und morphologischen Eigenschaften der Wurzeln nicht so gross sind, wie zu erwarten wäre. Perseke (1877, S. 44) erwähnt, dass bei Pflanzen, die in Wasser und sehr feuchtem Boden wachsen, die Interzellularräume der Wurzeln schon früh an Grösse zunehmen. In Zusammenhang mit dem fortschreitenden Wachstum erweitern sich die Interzellularräume der inneren primären Rinde durch Teilung und Resorption der Zellen zu grossen Lufthöhlen. In Wurzeln, die sich in mässig feuchtem Boden entwickelt haben, entstehen kleinere Interzellularräume. Bei amphibischen Pflanzen beobachtet man eine geringe Wurzelhaarbildung, das Vorkommen von Luftkanälen und Chlorophyllbildung. Nach Schenk (1885, S. 11) ist das Wurzelsystem der in Wasser wachsenden Pflanzen im ganzen geschwächt, die Wurzeln sind zum grössten Teil unverzweigt, lang und mit aus den Knoten entspringenden Adventivwurzeln, in denen die Gefässe hochgradig reduziert sind, versehen.

Freidenfelt (1902, S. 127) hebt die verschiedene Fähigkeit der Pflanzen hervor, ihre Wurzeln in grössere oder geringere Tiefen zu senden. Die Xerophyten ziehen grossen Nutzen aus dem tieferen Eindringen der Wurzeln, da sie in den unteren Bodenschichten mehr Feuchtigkeit als oben finden können. Indem sie imstande sind, ihre Wurzeln tief in die Erde zu senken, wird es ihnen möglich, die Trockenheit an solchen Stellen zu vertragen, wo Pflanzen mit kurzen

Wurzeln verdorren und sterben. Beispiele desselben Verhaltens finden sich auch bei Dehérain (1893, S. 272).

Die Einwirkung der Feuchtigkeitsverhältnisse auf die Ausbildung und die Entwicklung des Wurzelsystems haben auch Osvald (1918) und Lundegård (1930) untersucht. Nach Lundegård (l. c. S. 184, 252) wird bei niedrigem Wassergehalt des Bodens das Wurzelsystem kräftig entwickelt, während der oberirdische Teil klein bleibt. Bei Überschuss von Wasser verkümmert das Wurzelsystem, aber die grünen Teile zeigen üppiges Wachstum. Die Ausbildung des Wurzelsystems wird weitgehend vom Wasser beherrscht, obwohl auch die chemische Beschaffenheit und die Natur der Bodenatmosphäre ihren Einfluss geltend machen. Bei geringem Wassergehalt ist das Wurzelsystem nur schwach entwickelt. Mit erhöhtem Wassergehalt vergrössert sich das Wurzelsystem rasch, und auch die Verzweigung und die Wurzelhaarbildung wird erheblich angeregt. Steigt aber der Wassergehalt zu hoch, so kehren sich die Verhältnisse um, die Wurzeln wachsen immer weniger und verzweigen sich auch nur in unbedeutendem Masse. Diese ungünstige Wirkung grosser Bodennässe hat wahrscheinlich auch ihren Grund in der unzureichenden Durchlüftung. Es ist bekannt, dass ein hoher Kohlensäuregehalt der Bodenluft, der eine Folge der schlechten Durchlüftung ist, das Wachstum der Wurzeln hemmt.

Der Einfluss der Temperatur auf die Absorption der Wurzeln ist u. a. von Sachs (1887) experimentell untersucht worden. Er sagt, dass eine Temperaturabnahme bis unter das Optimum wahrscheinlich die Ausbildung der Wurzeln zu Wasseraufnehmern hemmt. Freidenfelt (1902, S. 120) konstatiert wiederum, dass, je mehr Luft im Boden enthalten ist, um so grösser die Wurzelmenge und um so üppiger die Wurzelhaarbildung ist. Auch die Zusammensetzung der Atmosphäre dürfte in gewissem Masse auf die Entwicklung der Wurzeln einwirken.

Die Einwirkung der physikalischen Bodenstruktur auf die Form der Wurzeln ist von Senft (1888) und Freidenfelt (1902) untersucht worden. Nach Senft sind die Wurzeln und unterirdischen Stengel der in lockerem Boden gewachsenen Pflanzen lang, in festem Lehmboden sind die unterirdischen Stengel dagegen zum grössten Teil büschelförmig und die Wurzeln gerade nach unten gerichtet und büschelförmig. Nach Freidenfelt (l. c.

S. 120) erschwert eine feste Bodenstruktur das tiefere Eindringen der Wurzeln in höherem Grade als eine Abnahme der Luftmenge. Nach WARMING (1890) haben an lehmigen Ufern wachsende Pflanzen schwache, in geringer Tiefe verlaufende Wurzeln, während an sandigen Ufern wachsende Pflanzen sehr tief eindringende Wurzeln besitzen.

Aus der die Anatomie der Wurzeln behandelnden umfangreichen Literatur seien hier in erster Linie die Arbeiten erwähnt, die den inneren Bau der Rhizome oder Wurzeln der auf Mooren vorkommenden Pflanzen beschreiben. Die die Wurzelhaare und Mykorrhizen behandelnde Spezialliteratur werde ich in anderem Zusammenhang berühren (S. 333 und S. 339). Von den Untersuchungen, die die Anatomie der Wurzeln der *Graminaceen* und *Cyperaceen* zum Gegenstand haben, dürfte diejenige von KLINGE (1879) die umfassendste sein. Darin werden die Wurzeln namentlich in bezug auf den Bau ihrer Epidermis und Rinde besprochen und die untersuchten Pflanzen nach der Zahl der in ihren Wurzeln vorkommenden Gefässe (S. 46—56) in drei Gruppen eingeteilt, in solche mit einem einzigen Gefäss, mit zwei und mit drei oder mehreren Gefässen im Zentralzylinder. Es wird nicht ersichtlich, wie alt die Individuen waren, deren Wurzeln KLINGE untersuchte, hauptsächlich dürften es aber ganz junge Individuen gewesen sein. Die Mitteilungen erscheinen zum Teil weniger zuverlässig, wenigstens eignen sie sich nicht für die Bestimmung der Wurzeln der in der Untersuchung erwähnten Arten. Über die Anatomie der Wurzeln und des Rhizoms der *Carex*-Arten oder anderer *Cyperaceen* besitzen wir Veröffentlichungen von BORDET (1891), MARGGRAF (1896), WILLE (1926), PFERRER (1927) und vor allem von FREIDENFELT (1904). In FREIDENFELTS Studie finden sich genaue und völlig zuverlässige Mitteilungen auch über die Anatomie der Wurzeln vieler anderen Kräuter. Er berichtet über den Wurzelbau von 16 Arten, die auch in der jetzt vorliegenden Untersuchung vorkommen. Seine Angaben über die Dicke der Wurzeln der verschiedenen Arten (I.—II. Ordn.), über die Zahl und den Durchmesser der Gefässe und die Anatomie der Wurzeln im allgemeinen stimmen mit meinen eigenen Beobachtungen überein. FREIDENFELDT hat in dieser und in seinen früheren Arbeiten (1900, 1902) die von ihm untersuchten Pflanzen auf Grund der morphologischen und anatomischen Kennzeichen ihrer Wurzeln in mehrere

Wurzeltypen gruppiert. Diese Typen werde ich in anderem Zusammenhang näher besprechen (vgl. S. 315). KOTILAINEN (1927) erwähnt auch einiges über den inneren Bau der Rhizome und Wurzeln gewisser *Graminaceen-* und *Cyperaceen*-Arten, indem er die grossen Internodienhöhlen der Wurzelstöcke von *Equisetum fluviale* und *Phragmites communis* und den inneren Wurzelbau von *Molinia coerulea* und gewisser *Carex*-Arten speziell berücksichtigt. Aufklärungen über die Anatomie der Wurzeln und des Rhizoms der monokotyledonen Pflanzen finden sich ferner bei CHATIN (1856) (Bau der Rhizome und Wurzeln von *Scheuchzeria palustris*), DE BARY (1877) (Wurzeln von *Calla palustris*, Wurzelknoten der *Orchidaceen*-Arten, Wurzelbau von *Carex*), LIERAU (1888) (Wurzelbau von *Calla palustris*), BUCHENAU (1890) (die *Juncaceen*-Wurzeln), ČELAKOVSKY (1891) (*Typhaceen*-Wurzeln), SCHWARZ (1923) (*Paris quadrifolius*), FUCHS u. ZIEGENSPECK (1925) (Anatomie und Morphologie der Wurzeln der *Orchidaceen*-Arten), ZIEGENSPECK (1928) (Wurzelbau der *Orchidaceae*) und DRAHEIM (1929) (Bau der Wurzeln und Rhizome einiger *Iridaceen-*, *Amaryllidaceen-* und *Liliaceen*-Arten).

Über die Anatomie der Wurzeln gewisser dikotyledoner Pflanzen enthalten die Arbeiten folgender Forscher Mitteilungen: JÖRGENSEN (1878) (*Drosera*-Arten und *Pinguïcula vulgaris*), OELS (1879) (Wurzeln der *Drosera*-Arten), OLIVIER (1880) (Wurzeln von *Menyanthes* und *Ranunculus*), LOHRER (1886) (Anatomie der Wurzeln von *Papilionaceae, Cruciferae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Polygonae, Urticeae, Boraginaceae, Plantaginaceae;* die untersuchten Pflanzen werden auf Grund des anatomischen Baues in Typen und Gruppen eingeteilt), MARIÉ (1884) (einige *Ranunculus*-Arten), WITTROCK (1878, 1879) (*Linnaea borealis*), THOUVENIN (1890) (Wurzeln der *Saxifragaceen*-Arten), ROSENBERG (1896) (*Parnassia palustris*), ROMMEL (1898) (*Pirolaceae*), VON ALTEN (1909) (*Ranunculus*-Arten). Die Mitteilungen dieser Autoren über die Anatomie der Wurzelsysteme von Pflanzen, die auch auf Mooren wachsen, habe ich in den am Anfang der ausführlichen Einzelbeschreibungen befindlichen Literaturangaben erwähnt.

Über den anatomischen Bau der Wurzeln und Rhizome der meisten in der vorliegenden Untersuchung vorkommenden Arten habe ich in der Literatur keinerlei Angaben gefunden.

Wie Freidenfelt (1902) bemerkt, sind vor dem Jahre 1900 sehr wenig Untersuchungen über die Morphologie und die Biologie der Pflanzenwurzeln veröffentlicht worden. Am Ende jener Studie findet sich ein umfangreiches Literaturverzeichnis über die bis zum Schluss des Jahres 1900 erschienenen Arbeiten (insgesamt 505 verschiedene Publikationen), die die Biologie, Morphologie und Anatomie der Wurzeln mehr oder weniger eingehend behandeln oder nur streifen. Über die früheren, die Morphologie der Wurzeln betreffenden Veröffentlichungen ist nicht viel zu sagen. Die bemerkenswerteste Studie, in der auch die Form der Wurzelsysteme, Länge, Verzweigung und andere morphologische Verhältnisse der Rhizome und Wurzeln beleuchtet werden, ist die von Raunkiaer (1895—1899). Aus anderen Arbeiten, z. B. von Irmisch (1853, 1854), Reinke (1871), Nobbe (1872) Bloch (1880), Schenck (1886), Schultz-Lupitz (1892), Hensen (1892), Warming (1890, 1895), Brundin (1898), Berggren (1898), Seelhorst (1902), erhalten wir meist nur vereinzelte Andeutungen über die Verzweigung, Länge oder Tiefe der Wurzeln einiger Pflanzen. Über die Morphologie der Wurzeln von Gräsern, insbesondere von Wiesengräsern, liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Die Forscher, die sich mit der Tiefe der Gräserwurzeln als Spezialfrage beschäftigt haben, werde ich in anderem Zusammenhang erwähnen (vgl. S. 348).

Freidenfelts schon mehrmals genannte Arbeit ist ohne Zweifel die umfangreichste und in jeder Beziehung bemerkenswerteste der bis zum Jahre 1902 und auch nachher erschienenen Untersuchungen über die Wurzeln der Kräuter. Sie wird durch den 1904 veröffentlichten zweiten Teil ergänzt, in dem die Anatomie der Kräuterwurzeln beleuchtet wird. Im dritten Kap. (S. 128—208) des ersten Teils gibt Freidenfelt eine Beschreibung der verschiedenen Wurzeltypen. Die Wurzeln werden in zwei Typen eingeteilt, nämlich in Haupt- und Adventivwurzeln. Unter den Hauptwurzeln werden drei Arten unterschieden — der Ruderattypus, der Zentraltypus und der Pfahlwurzeltypus. Die Adventivwurzeln zerfallen nach ihm in zwei Hauptgruppen, die mesophil-xerophile und die hydrophile, und diese dann noch in verschiedene Untertypen. Freidenfelt bestimmt die Adventivwurzeln folgendermassen: »Mit dem Namen Adventivwurzel oder Wurzel erster Ordnung bezeichne ich jede von einer Stammpartie ausgehende Wurzel, welche nicht die

bei der Keimung des Samens gebildete Hauptwurzel ist; die Bezeichnung Nebenwurzel wird ausschliesslich für Wurzeln zweiter und höherer Ordnung benutzt, es sei nun dass sie von der Hauptwurzel oder den Adventiwurzeln ausgehen.» Im Anfang seiner Studie (S. 116—118) erläutert FREIDENFELT die allgemein bekannten Funktionen der Wurzeln und bemerkt, dass der oberirdische Teil der Pflanzen immer in einer genau bestimmten Korrelation zum Wurzelsystem steht. Beim Aufsaugen von Wasser und Nährsalzen funktioniert eine solche Wurzel am besten, die eine grosse Absorptionsfläche besitzt. Um eine möglichst grosse Oberfläche zu erhalten, müssen die Wurzeln I. Ordn. sich verzweigen, und da eine begrenzte Menge elastischen Materials zur Verfügung steht, müssen die Zweige möglichst dünn sein, wobei sie einander auch am wenigstens hinderlich sind. Ausserdem müssen sie möglichst viel Wurzelhaare haben. Als Befestigungsorgan ist eine Wurzel am wirksamsten, die stark ist und tief in den Boden eindringt und die sich erst nach der Spitze zu verzweigt. Auch dürfen die dort vorkommenden, die Wurzel schwächenden Zweige nicht zahlreich sein, oder aber die Zweige müssen stark sein. Die idealste Speicherungswurzel ist wiederum eine Wurzel, die ein möglichst grosses inneres Volumen hat, die angeschwollen, einheitlich und nahe an der Oberfläche gelegen ist. Und am idealsten ist schliesslich in bezug auf die Funktion der Wurzeln eine solche, die die glücklichste Vereinigung dieser Idealtypen darstellt.

OPITZ (1904) hat die Form und die Tiefe der Wurzeln von Getreidearten untersucht und sagt (S. 751), dass »jede Art und Varietät ebenso wie beim Wachstum ihrer oberirdischen Organe, so auch bei der Entwickelung ihres Wurzelsystems nach einem bestimmten, ihr von der Natur vorgezeichneten Plane verfährt». Über die Morphologie und die Biologie des Wurzelsystems einiger im Wasser und an feuchten Ufern wachsenden Pflanzen finden sich einzelne Angaben in GLÜCKS (1911) Schriften. Ein hervorragender Wurzeluntersucher ist der Schwede OSVALD, der sowohl in härteren Böden (Viehweiden) als in Torfboden wachsende Wurzeln untersucht und ihre Anatomie, Ökologie und Morphologie klargelegt hat. OSVALD (1915, S. 573) hat festgestellt, dass sich der innere Wurzelbau der auf Torfböden wachsenden Pflanzen von dem der auf Sandboden wachsenden Pflanzen einigermassen unterscheidet. »Hela roten blir luckrare, intercellular-

rummen större, förvedning och förkorkning tyckas äfven gå långsammare. En följd häraf är det vanligen mycket svaga motstånd mot slitning som är utmärkande för i torf växande rötter. De stora håligheter, som alltid uppstå genom barkcellernas skrumpnande hos vissa gräs, uppstå i torfjorden betydligt hastigare. Detta står helt naturligt i samband med syrebristen i denna jord, vadan växten måste sörja för kraftig genomluftning af rötterna.» Osvald (1918) erwähnt, dass die reiche Verzweigung für alle Saugwurzeln charakteristisch ist und dass die Befestigungswurzel kräftig sein und tief in die Erde eindringen muss, um sich erst in der Tiefe in grobe Zweige zu teilen. Die Saugwurzel ist am effektivsten, wenn sie in eine möglichst grosse Erdmasse eindringt, mit anderen Worten, wenn ihre Oberfläche sich möglichst vergrössert. Sie muss sich also ausgiebig verzweigen. Für alle Saugwurzeln ist mithin eine derartige reiche Verzweigung charakteristisch. Je trockener der Boden ist, desto zahlreicher müssen die ausgesandten Zweige und desto reichlicher die Wurzelhaare sein. Ist der Boden allzu trocken, so nimmt die Verzweigung und die Behaarung der Wurzeln ab und hört schliesslich auf. Für die Entwicklung der Wurzeln ist auch die Durchlüftung wichtig. Je mehr Luft vorhanden ist, um so mächtiger entwickelt sich das Wurzelsystem und umgekehrt. Dass die Wurzelformen variieren, rührt demnach von dem verschiedenen Trockenheits- und Feuchtigkeitsgrade her. Die hydrophilen Gräser haben sehr schwach verzweigte Wurzeln. Dass sich die Wurzeln in bestimmter Weise entwickeln, beruht also zu einem wichtigen Teil auf der Beschaffenheit des Standortes.

Osvald (1918, S. 92—109) hat auch die Wurzeln einiger Pflanzen auf ihre Beziehung zur Grundwasserhöhe untersucht und festgestellt, dass das Grundwasser des Moorbodens ein tiefes Eindringen der Wurzeln hindert. Steigendes Grundwasser presst die Wurzeln nach oben. Die Wurzeln, die im Grundwasser zu leben vermögen, weisen folgenden von der Regel abweichenden Bau auf: Verzweigungen spärlicher und dicker, grosse, lange luftgefüllte Höhlen. In stehendem Wasser wird der Sauerstoff nämlich bald verbraucht, und da die Wurzeln der Pflanzen ebenso wie alle anderen lebenden Wesen atmen, wird der Sauerstoff durch die langen Luftkanäle von oben nach unten bis zu den Wurzelspitzen geleitet, wo das Wachstum stattfindet. An der Aussenrinde derjenigen Wurzeln,

die in das Grundwasser vorstossen, ist eine starke Verkorkung zum Schutz gegen die gefährliche Einwirkung des saueren Grundwassers zu beobachten. Die Luftkanäle in den Wurzeln der an säurefreien Stellen wachsenden Pflanzen werden schon von HESSELMANN (1910, S. 110 u. 117) erwähnt, welcher feststellt, dass in Sümpfen, Mooren und versumpften Fichtenwäldern das Wasser in einer Tiefe von 20 cm völlig säurefrei ist, Quellwasser hingegen reichlich Sauerstoff und wenig Humussäure enthält, weshalb die Wurzeln und andere im Quellwasser wachsende Pflanzenteile leicht ihren Sauerstoffbedarf zu decken vermögen. HESSELMANN (S. 111) zählt einige Pflanzen auf, in deren Wurzeln grosse Luftkanäle vorkommen. Es gibt aber auch Pflanzen (z. B. einige Moorreiser), die keine solchen Durchlüftungsanordnungen haben, trotzdem aber auf Mooren oder an anderen Standorten gedeihen können, wo der Luftwechsel schlecht oder ganz und gar verhindert ist. Wie die Wurzeln derartiger Pflanzen ihren Sauerstoffbedarf decken, ist bisher nicht aufgeklärt.

In letzter Zeit sind in Amerika mehrere bemerkenswerte morphologische Wurzeluntersuchungen erschienen, die die Pflanzen der Prärien, Wüsten und anderer t r o c k e n e r P l ä t z e betreffen. Als erster dieser amerikanischen Forscher sei CANNON erwähnt, der im Jahre 1911 eine auf ein sehr umfangreiches Material basierte Untersuchung über die Wurzelsysteme von Wüstenpflanzen herausgab, in der er den Habitus des Wurzelsystems, die horizontale und die vertikale Ausbreitung der Wurzeln ins Auge fasste. CANNON macht geltend, dass jede untersuchte Pflanzenfamilie, ja sogar jede Art dermassen bestimmte voneinander abweichende Wurzelsysteme habe, dass es allein auf Grund derselben möglich wäre, die verschiedenen Pflanzen voneinander zu unterscheiden. Ein anderer Amerikaner, der auch das Wurzelsystem von Wüstenpflanzen untersucht hat, ist MARKLE (1917), dessen Material 15 Pflanzenarten umfasst. Er hat beobachtet, dass die Hauptwurzel einer auf trockenem Boden wachsenden Pflanze lang und stark ist und ganz kleine Seitenwurzeln entsendet, die von der Hauptwurzel einer auf feuchtem Boden gewachsenen Pflanze ausgehenden Seitenwurzeln dagegen lang sind. Der Wassergehalt des Bodens spielt mithin bei der Ausbildung des Wurzelsystems eine wichtige Rolle. Der Habitus der Wurzeln ist abhängig von dem Grad der Bodennässe und von dem Widerstand, den die Wurzeln bei ihrem Tiefenwachstum seitens der verschiede-

nen Bodenarten erfahren. Ausserdem hat MARKLE beobachtet, dass man bei einigen Pflanzengesellschaften eine Schichtung der Wurzeln unterscheiden kann und dass eine solche Schichtung den Wettbewerb der verschiedenen Arten mildert und das Wachstum zahlreicher Arten auf dem gleichen Standort ermöglicht. WATERMAN (1919) hat sich mit dem Wurzelsystem einiger für die Sanddünen Michigans typischsten Pflanzen beschäftigt. Er stellt fest, dass die Wurzelsysteme verschiedener Arten sich gegenüber einer gleichen Umgebung auf verschiedene Weise verhalten. So gedeihen einige Wurzelsysteme besser in reinem Sande und scheinen Humus zu meiden, während andere Humus und organische Stoffe enthaltende Schichten desselben bevorzugen. Die Wurzeln einiger Arten sind hydrotrop und suchen das Grundwasser auf. Bei der Entwicklung des Wurzelsystems ist die Erblichkeit ein wichtiger Faktor. Der hervorragendste der amerikanischen Forscher, die sich mit Wurzeluntersuchungen beschäftigt haben, ist WEAVER, der mehrere die Morphologie und Ökologie der Wurzeln betreffende, auf ein beträchtliches Material basierte Untersuchungen (1919, 1920, 1926) veröffentlicht hat. Die beobachteten Pflanzen bestanden grösstenteils aus Gräsern von trockenen Standböden, Prärien, Sandbänken, Åsen, Gebüschen und Grushängen. Die erste Studie umfasst etwa 140 verschiedene Pflanzenarten und etwa 1,150 untersuchte Wurzelsysteme, die zweite ugf. 150 Arten und 1,500 Individuen. WEAVER hat gezeigt, dass die Wurzeln an solchen Standorten gewöhnlich tief eindringen, viele sogar 13—21 Fuss tief, während die laterale Verbreitung der Wurzeln bedeutend geringer ist. Er hat durch seine Untersuchungen festgestellt, dass das Wurzelsystem jeder Pflanzenart für diese mithin ebenso kennzeichnend ist wie ihre oberirdischen Teile, ein Umstand, auf den HELLRIEGEL schon 1883 als erster hingewiesen haben dürfte. Jedoch hat man bei der Untersuchung des Wurzelsystems derselben Pflanzenart auf verschiedenen Standböden ein grosses Anpassungsvermögen beobachten können. Als wichtigste, auf die Entwicklung der Wurzelsysteme in einer bestimmten Richtung wirkende Umstände betont WEAVER die Feuchtigkeitsverhältnisse und die verschiedenartige Struktur des Bodens. Ferner lenkt er die Aufmerksamkeit auf den Kampf der Wurzelsysteme untereinander und bemerkt, dass die Pflanzen dabei bestrebt sind, sich den Anforderungen der anderen Pflanzen anzupassen, ihre Ansprüche

miteinander in Einklang zu bringen und dadurch die Konkurrenz zu mildern. Diese Anpassung der Pflanzen bewirkt, dass an demselben Standort zahlreichere Arten gedeihen können, als sonst möglich wäre. Die dritte Studie WEAVERS (1926) betrifft die vertikale und laterale Verbreitung der Wurzelsysteme der Wiesen- und Kulturpflanzen, durch Zeichnungen, Photographien und Tafeln beleuchtet.

Die die Wurzelsysteme der Bäume behandelnde Literatur ist heute schon ziemlich umfangreich. Man hat die Wurzelsysteme sowohl junger, im Pflänzlingsstadium befindlicher als alter Bäume untersucht. Von den Erforschern der Wurzelsysteme in Finnland wachsender Bäume seien erwähnt: (nach LAITAKARI 1927) BLOMQVIST (1881), CAJANDER (1916, 1917) HEIKINHEIMO (1920), AALTONEN (1920, 1923), KOKKONEN (1923), MULTAMÄKI (1924) und LAITAKARI (1927), die alle die Wurzelsysteme unserer Nadelhölzer beschrieben haben. Von ihren Arbeiten ist LAITAKARIS ausführliche, auf mühsame Ausgrabungs- und Messungsarbeiten basierte morphologische Untersuchung des Wurzelsystems der Kiefer die bemerkenswerteste. Von anderen Autoren, die sich der Erforschung des Wurzelsystems der Bäume gewidmet haben, seien erwähnt: BÜSGEN (1901, 1905), MÖLLER (1902), der die Wurzelsysteme ein- und zweijähriger Kiefern untersucht hat, die Russen GOLOVJANKO (1909) und TOLSKI (1911) und der Lette MELDER (1911), die die Wurzelsysteme älterer Bäume in bezug auf ihre Verbreitung und Lage im Boden behandelt haben, der Schwede MELIN (1917), der bei der Untersuchung der Moorvegetation auch die Wurzelsysteme der Kiefer, Fichte und Birke berücksichtigt hat, GOETHE (1905, 1910) und KRÖMER (1913), die die Wurzelsysteme der Obstbäume im Auge hatten, und HILF (1927), der seine Aufmerksamkeit auf die Wurzelsysteme der Fichte und Buche richtete, dabei sowohl ihre Verzweigung als insbesondere ihre horizontale Verbreitung, Länge und Dichtigkeit in verschiedenen Böden beachtend. Da die Wurzelsysteme der Bäume in der vorliegenden Untersuchung gar nicht in Betracht kommen, scheint ein näheres Eingehen auf die diesbezüglichen Untersuchungen nicht vonnöten.

Die Wurzelsysteme der Reiser sind verhältnismässig wenig untersucht worden. Über ihre Morphologie und Ökologie liegen Studien von KIHLMAN (KAIRAMO) (1890), SYLVÉN (1906), KESO (1908), KUJALA (1926), KOTILAINEN (1927), VOSS und ZIEGENSPECK

(1929) und Voss (1929) vor. Ausserdem finden sich Angaben über die Wurzeln der Moorreiser (aus verschiedenen Publikationen gesammelt) in KIRCHNER-LOEW-SCHRÖTERS Handbuch »Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas», Bd. IV, Lief. 23—25, 1925.

Einige, wenngleich im allgemeinen ganz oberflächliche Angaben über die unterirdischen Teile der in der vorliegenden Arbeit vorkommenden Arten, namentlich über den Wurzelstock, sind u. a. aus folgenden Werken erhältlich: HARTMAN (1879), HALLIER (1880—1882), HEGI (1906), MELA-CAJANDER (1906) und GOEBEL (1913).

In der Nomenklatur der Gefässpflanzen (Phanerogamen und Farne) diente als Richtschnur die Flora MELA-CAJANDERS »Suomen kasvio» (Helsinki 1906), in der Nomenklatur der Laubmoose das Werk von BROTHERUS »Die Laubmoose Fennoskandias» (Helsingfors 1923) und in der der *Sphagnum*-Arten das Werk von JENSEN »Danmarks Mosser I, Hepaticales, Anthocerotales og Sphagnales» (København, Kristiania 1915).

Aus der obigen Übersicht dürfte hervorgegangen sein, dass die die Wurzelsysteme der Pflanzen behandelnde Literatur heute schon sehr umfangreich und ziemlich vielseitig ist. Zumal ist die Physiologie und auch die Anatomie der Wurzeln einiger Pflanzengruppen recht eingehend untersucht worden. Morphologische und ökologische Wurzelsystemuntersuchungen gibt es dagegen viel weniger. Über die morphologischen Eigenschaften der meisten unserer gewöhnlichen Kräuter suchen wir in der umfangreichen botanischen Literatur vergebens nach Angaben, ganz zu schweigen von speziellen und ausführlichen Mitteilungen. Meistens findet man nur ganz allgemeine oder sehr spärliche Angaben, öfters in Untersuchungen, die eigentlich andere Fragen behandeln.

Unter den Arbeiten über die morphologischen, physiologischen oder anatomischen Eigenschaften der Gräser oder Kräuter gibt es viele Experimentaluntersuchungen über Wurzelsysteme, die sich auf Beobachtungen an in Nähr- oder Humuskulturen gezogenen und häufig im Sprösslingsstadium befindlichen Pflanzen stützen. Sehr wenige Botaniker haben sich, namentlich vor einigen Jahrzehnten, der Mühe unterzogen, das Wurzelsystem der Pflanzen an ihren natürlichen Standorten zu untersuchen, dies wegen der Schwierigkeiten,

die dem Forscher bei solchen Untersuchungen begegnen. Es gibt aber doch einige Pflanzengruppen, über deren Wurzelmorphologie als eigentliches Untersuchungsobjekt ausführliche Studien vorliegen. Hierher gehören z. B. die Bäume, hauptsächlich Nadelhölzer — in erster Linie die Kiefer —, aber auch einige Laubbäume (die Buche) und Obstbäume, über deren Wurzelsystem die Ergebnisse sehr mühsamer und eingehender Untersuchungen veröffentlicht worden sind. Gut untersucht sind auch die Wurzelsysteme mehrerer Getreidearten, und desgleichen findet man in der Literatur reichlich Angaben über die Wurzelsysteme mehrerer Wiesengräser, namentlich über die Tiefe der Wurzeln. Und in letzter Zeit hat man besonders in Amerika begonnen, den Wurzelsystemen der auf Steppen, Sanddünen und anderen harten Böden wachsenden Pflanzen grosse Aufmerksamkeit zu widmen.

Zu den am spärlichsten untersuchten Pflanzen gehören die allgemeinen Kräuter, die in unseren Wäldern und auf unseren Mooren vorkommen. Über Verzweigung, Länge, Ausdehnung und Reichlichkeit der Wurzeln in verschiedener Tiefe im Torf, über das Vorkommen von Wurzelhaaren, über die Mykorrhiza usw. der Moorgräser, -seggen, -kräuter und -reiser und über die morphologischen, anatomischen und ökologischen Verhältnisse dieser Pflanzen weiss man erstaunlich wenig, ja so wenig, dass das Wurzelsystem mehrerer Moorpflanzenarten in der botanischen Literatur gar nicht erwähnt wird. In Anbetracht dessen dürfte die Notwendigkeit einer Untersuchung zur Klarlegung der Wurzelsysteme der Moorpflanzen auf der Hand liegen.

Finnland ist nicht nur das Land der »tausend Seen» und der mächtigen Wälder, sondern auch das Land der zahllosen Moore, da annähernd ein Drittel seiner Oberfläche von Mooren bedeckt ist. Unsere Seen verpflichten uns zu anhaltenden Seenforschungen, unsere Wälder zu forstwissenschaftlichen Untersuchungen und unsere Moore zu rastloser und möglichst vielseitiger Erforschung derselben.

II. ÜBER DIE UNTERSUCHUNGSMETHODEN.

1. WAHL UND BESCHREIBUNG DER PROBEFLÄCHEN.

Der grösste Teil dieser Wurzelsystemuntersuchungen ist, wie in anderem Zusammenhang erwähnt wurde, in Nord-Finnland, in Sotkamo, hauptsächlich in der Nähe des Sees Jormasjärvi ausgeführt worden, einem wenigstens in der Beziehung für die Ausführungen derartiger Untersuchungen vorteilhaften Platz, dass dort auf einem verhältnismässig kleinen Areal verschiedene Moortypen, und zwar Weissmoore, Reisermoore, Bruchmoore und Braunmoore, vertreten sind.

Nach der Ankunft auf dem Moor bestand die erste Aufgabe in der Wahl geeigneter Probeflächen. Ich war bemüht, die zu untersuchenden Probeflächen so zu wählen, dass sie möglichst zahlreiche Moortypen (CAJANDER, 1913) repräsentierten. Am Anfang, während des ersten Sommers, waren mehrere meiner Probeflächen sehr gross, mitunter sogar mehrere Dutzend Quadratmeter; späterhin merkte ich aber, dass dies nicht zweckmässig war, da die Probeflächen oft sowohl Bülten als flache Schlenken zwischen den Bülten umfassten, was die Bestimmung, zu welchen von CAJANDERS Moortypen die Probefläche am ehesten zu zählen sei, erschwerte. Dasselbe Moor konnte nämlich unmittelbar nebeneinander Stellen aufweisen, die verschiedene Typen vertraten, so dass die Bülten zu einem, die Schlenken zu einem anderen Typ gehörten. Einige dieser grösseren Probeflächen habe ich aber als solche beibehalten, da ich später nicht imstande war, sie alle nochmals durchzugehen. Mitunter waren auch einige dieser grösseren Probeflächen durchweg vom selben Typ, weshalb eine Reduzierung ihres Umfangs nicht geboten war. Der grösste Teil der Probeflächen ist 1 m^2 gross und besteht entweder

aus Bülten, zwischen den Bülten gelegenen Schlenken oder aber aus bestimmten Teilen eines bültenlosen Moores. Die Probeflächen wurden mit einem mitgebrachten, 1 m² umfassenden Holzrahmen gemessen.

Nach der Wahl der Probeflächen ging ich daran, eine Beschreibung ihrer Pflanzendecke anzufertigen. In diesen Beschreibungen sind zuerst die Moose und die Flechten, dann die Seggen und Gräser, darauf die Kräuter und zuletzt die Reiser angegeben. Die Dichtigkeit der Arten ist nach einer bei uns gewöhnlich angewendeten Dichtigkeitsskala (S. 27) bestimmt. Nach der Beschreibung der Pflanzendecke folgt die Angabe der Torfart, der Dicke des Torfes und oft auch der Art des darunter befindlichen Bodens. Sodann wurde das Torfschema nach v. Posts Schema (1924) untersucht, indem die Huminosität des Torfes, der Feuchtigkeitsgrad, der Fibergehalt von *Eriophorum vaginatum*, der Gehalt an Wurzelfasern und an Holzresten ermittelt wurden. Auf mehreren Probeflächen wurde auch die Lage des Grundwasserpiegels bestimmt, und von ca. 20 Probeflächen wurden auch Torfproben in einer bestimmten Tiefe zwecks Feststellung des pH der Torfproben entnommen. Auf Grund der Pflanzendeckenbeschreibungen versuchte ich schliesslich den Moortyp, zu welchem jede Probefläche gehörte, zu bestimmen. Die Zahl der untersuchten Probeflächen beträgt 109, von diesen vertreten 95 verschiedene Moore oder Torfbodenwiesen, und 14 sind andersartige Probeflächen, z. B. Sand- oder Kiesufer, Wälder usw., wo einige Pflanzenarten zu Vergleichszwecken untersucht wurden.

2. DAS HERAUSGRABEN DER WURZELN; NOTIZEN UND ZEICHNUNGEN (AUF DEN PROBEFLÄCHEN).

Nachdem die Art der Probeflächen bestimmt und genaue Aufzeichnungen darüber gemacht worden waren, begann die Hauptarbeit, das Ausgraben der Wurzeln. Da beinahe alle zu untersuchenden Pflanzen schwache Wurzeln besassen und diese grösstenteils sehr reichlich mit kleinen Seitenwurzeln versehen waren, konnte man sehr selten grössere Werkzeuge, z. B. Schaufeln, Hacken oder Äxte anwenden, sondern war meistens auf die Finger, ein Schnitz-

Fig. 1. Werkzeuge etc.

Fig. 2. Nagelbrett mit Wurzelsystemen von *Scutellaria galericulata*.

messer oder eine Pinzette angewiesen, und auch dann war die grösste Vorsicht vonnöten, um die feinen Wurzelzweige nicht abzubrechen. Deshalb konnte selbst das Ausgraben von Pflanzen mit sehr kleinen Wurzeln oft lange Zeit, sogar mehrere Stunden beanspruchen. An Plätzen mit losem Torf, auf *Sphagnum*-Bülten usw. ist dagegen das Hervorholen der Wurzeln viel schneller gegangen. Beim Hervorgraben von Pflanzen mit langen Wurzeln wurde gewöhnlich in der Weise verfahren, dass das umgebende Moos und die obere Torfschicht mit den Fingern oder der Pinzette vom Stengel der Pflanze entfernt wurde, bis man die oben vom unterirdischen Stengel oder von der Hauptwurzel ausgehenden Wurzeln antraf, die man dann verfolgte und allmählich ausgrub und für die man zugleich die Richtung, Länge und Tiefe unter der Torfoberfläche aufzeichnete. Wenn eine solche ausgegrabene Wurzel sich verzweigte, wurden auch die Zweige ausgegraben und Aufzeichnungen über dieselben in das Notizbuch gemacht. Von diesen hervorpräparierten Wurzeln wurden meistens sofort an Ort und Stelle schematische Bilder auf Millimeterpapier gezeichnet, entweder in natürlicher Grösse oder, wenn die Wurzeln lang waren, nach einem bestimmten Massstabe verkleinert. Um die tiefer befindlichen Wurzeln herauszuholen, war man mitunter gezwungen, die oberen Wurzeln zuerst abzubrechen, wonach das Ausgraben der anderen Wurzeln in der gleichen Weise fortgesetzt und über ihre Länge, Richtung, Tiefe und Verzweigung Notizen und Zeichnungen gemacht wurden. Schon nach beendeter Ausgrabungsarbeit lag also ein Bild von den morphologischen Eigenschaften der Wurzelsysteme jedes ausgegrabenen Individuums vor. Sodann wurde entweder das ganze Wurzelsystem oder charakteristische Proben desselben in feuchtes Papier (Packpapier) oder feuchtes Moos gelegt und, mit der Nummer der Probeflächen, dem Datum usw. versehen, in einem mitgebrachten Ranzen aufbewahrt. Mit Hilfe der Notizen und Zeichnungen hat das Wurzelsystem später detaillierter untersucht oder in natürlicher Lage zwischen Pflanzenpapier zum Trocknen in die Presse gelegt werden können, um nachher photographiert zu werden. Einige hervorpräparierte Wurzelsysteme wurden in der Weise gezeichnet, dass sie in ein mit Wasser gefülltes Gefäss gelegt wurden, wo dann die Wurzeln mit ihren Verzweigungen ungemein deutlich hervortraten. Wegen der anatomischen Untersuchungen wurden Wurzelproben von jeder Art genommen oder es wurde das

ganze Wurzelsystem in Spiritus aufbewahrt. Die meisten anatomischen Untersuchungen fanden indes an lebenden Wurzeln statt. Die Untersuchung der Verholzung erfolgte mittels Phlorogluzin oder der Mäuleschen Reaktion.

3. BESTIMMUNG DER AUSDEHNUNG UND DER REICHLICHKEIT DER WURZELN MIT HILFE VON PROFILEN UND NACH ANDEREN VERFAHREN.

Auf vielen Probeflächen, insbesondere auf Braunmooren mit festem Torf, war die Vegetation so dicht und die Wurzelsysteme so fest miteinander im Torf verschlungen, dass das Ausgraben der Wurzelsysteme der einzelnen Individuen geradezu unmöglich war. Die feineren Seitenwurzeln zerbrachen trotz der grössten Vorsicht. Hier musste man sich damit begnügen, nur so viel Wurzeln hervorzugraben, dass man die nötigen Wurzelproben erhielt, um die Verzweigung zu untersuchen, die Dicke der Wurzeln usw. bestimmen zu können. An solchen Plätzen mussten horizontale und vertikale Schnitte in verschiedenen Tiefen des Torfes gemacht werden, um mit ihrer Hilfe festzustellen, wie tief die Wurzeln der einzelnen Arten vorstiessen, in welcher Tiefe sie sich am meisten verzweigten und auch wie ausgiebig die Wurzeln in verschiedenen Tiefen des Torfes vertreten waren. Wenn die Wurzeln bis zum Grundwasser vordrangen, war es oft sehr schwer, sie im Torf zu verfolgen und ihre Verbreitung und Verzweigung zu ermitteln, da man sie in dem eindringenden trüben Grundwasser natürlich nicht sehen konnte. In solchen Fällen wurden entweder mit der Schaufel oder dem Messer Schnitte in bestimmten Tiefen des Torfes gemacht, dann die Torfstücke hervorgehoben und durch Spülen oder durch Zerreiben derselben mit dem Finger die darin verborgenen Wurzelfasern hervorgesucht.

Um die Verzweigung, die Richtung oder die Verbreitung der Wurzelsysteme zu bestimmen, habe ich auch in zahlreichen Fällen folgendes Verfahren angewandt, das Rotmistrov (1907) erfunden haben dürfte. Neben der zu untersuchenden Probefläche wurde mit der Schaufel ein etwa $^1/_2$ m breiter Graben gegraben, dessen der Probefläche zunächst liegende Torfwand mit der Schaufel oder dem Taschenmesser ganz senkrecht geschnitten wurde. An diese Wand

wurde ein 35 cm breites und 60 cm langes Brett gelegt, durch welches etwa 20 cm lange Eisennägel in quadratförmigen Flächen getrieben wurden, wobei der Abstand zwischen den Nägeln etwa 5 cm betrug. (Fig. 1). Dann wurde das Erdstück, in das die Nägel eingedrungen waren, aus dem Torf herausgeschnitten und das Brett und die daran haftenden Erdstücke entfernt. Darauf wurden die Torfstücke mit Wasser gespült, so dass schliesslich die einigermassen reinen Wurzelstücke zwischen den Nägeln nahezu in natürlicher Lage hängen blieben, wonach man sie messen oder abzeichnen konnte. (Fig. 2). Dieses Verfahren kam vorzugsweise im Sommer 1929 zur Anwendung und dann auch nur in solchen Fällen, wo in der Nähe der Probefläche genügend reines Wasser zum Spülen vorhanden war. Um die Reichlichkeit der Wurzeln in verschiedener Tiefe festzustellen, versuchte ich im Sommer 1928 auch einen aus einem Messingrohr gefertigten, 20 mm im Durchschnitt messenden scharfkantigen Bohrer zu benutzen, also das gleiche Verfahren das Hellriegel, King u. a. (vgl. S. 350) benutzt haben, aber der Bohrer erwies sich als ein für Arbeiten im Torf völlig unanwendbares Werkzeug. Trotz der scharfen Ränder war er oft nicht imstande, die im Torf befindlichen Wurzeln von der losen Torfunterlage zu trennen.

4. UMFANG DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS.

Mein Untersuchungsmaterial umfasst insgesamt 118 verschiedene Arten, und die Zahl der ausgegrabenen oder mit Hilfe von Profilschnitten beschriebenen Wurzelsysteme beträgt nahezu 1,300. Dazu kommen auf einigen bestimmten Probeflächen ausgeführte Profile, mit deren Hilfe die Reichlichkeit der Wurzeln in verschiedenen Tiefen des Torfes festgestellt wurde (vgl. S. 376). Da mein Untersuchungsmaterial derart umfassend ist, haben selbstverständlich nicht alle Arten gleich genau und an einem gleichgrossen Material untersucht werden können. Von einigen Arten sind zahlreiche Individuen ausgegraben oder in anderer Weise beschrieben worden — mitunter 20 bis 30 St., von anderen Arten hingegen bloss einige Individuen. Das reichlichste Material stammt natürlich von solchen Arten, die auf verschiedenartigen Mooren und anderen Standböden

vorkommen, das kleinste Material von Arten, die nur auf einigen bestimmten Moortypen wachsen. Am gründlichsten und an einem möglichst grossen Material war ich bestrebt, diejenigen Arten zu untersuchen, die als Moorpflanzen die wichtigsten und gemeinsten sind. Solche am sorgfältigsten untersuchte Arten sind z. B. folgende Pflanzen: *Equisetum fluviatile, Scheuchzeria palustris, Agrostis canina, Calamagrostis phragmitoides, Aera caespitosa, Phragmites communis, Molinia coerulea, Eriophorum*-Arten, *Carex*-Arten und überhaupt *Cyperaceae*-Pflanzen, *Calla palustris, Orchis maculatus, (Betula nana), Drosera*-Arten, *Parnassia palustris, Rubus chamaemorus, Comarum palustre, Trientalis europaea, Lysimachia thyrsiflora* und *Menyanthes trifoliata.*

Da einige frühere Forscher, vor allem Sylvén (1908), Kujala (1926) und Voss und Ziegenspeck (1929), die Wurzelsysteme der wichtigsten Moorreiser ziemlich genau untersucht haben, habe ich diese Pflanzen nicht so eingehend behandelt, wie sie es zweifelsohne verdienen. Das untersuchte Material dürfte jedoch gross genug sein, um von den wesentlichsten morphologischen Eigenschaften und der Ausdehnung ihrer Wurzelsysteme ein befriedigendes Bild zu geben. Das reichlichste Material in bezug auf diese Pflanzen bestand aus den Wurzelsystemen von *Oxycoccus.*

Den Wurzelsystemen von Pflanzen, die hauptsächlich auf anderen Standböden als eigentlichen Mooren wachsen, z. B. in Wäldern, an Ufern oder auf Wiesen, habe ich geringere Aufmerksamkeit gewidmet. Ich habe jedoch diese unvollständiger untersuchten Arten hier mit aufgenommen (z. B. *Hierochloë odorata, Luzula, Majanthemum bifolium, Paris quadrifolius*, einige *Orchidaceae*-Arten, *Ulmaria pentapetala, Geum rivale, Daphne mezereum, Geranium silvaticum, Angelica silvestris, Scutellaria galericulata, Linnaea borealis, Solidago virgaurea*) in der Hoffnung, dass die ihre Wurzelsysteme betreffenden, hier erwähnten Beobachtungen geeignet sein werden, die spärlichen Angaben, die aus der Literatur über ihre Wurzelsysteme erhältlich sind, zu vervollständigen.

III. PROBEFLÄCHENBESCHREIBUNGEN.

1. DIE BEI DER BESCHREIBUNG DER PROBEFLÄCHEN ANGEWENDETEN ABKÜRZUNGEN.

Weil es sich während der Untersuchungen gezeigt hat, dass das Wurzelsystem mancher Moorpflanzen, z. B. in bezug auf die Tiefe, Verzweigung und Länge der Wurzeln usw., manche Verschiedenheiten aufweist, die durch den Standort der Pflanze bedingt sind, sah ich mich veranlasst, die Natur der Pflanzendecke und die Torfart auf den Probeflächen, von denen das Untersuchungsmaterial stammt, hier klarzulegen. Auf diese Weise werden auch immer wiederkehrende Standortsbeschreibungen im Zusammenhang mit der Behandlung der Wurzeln der verschiedenen Pflanzenarten vermieden, und eine Kontrolle ist leicht durchzuführen. Vielleicht sind diese Erklärungen der Probeflächen auch deshalb am Platze, weil vorläufig noch verhältnismässig wenig exakte Darstellungen der Pflanzendecke (Oberflächenvegetationsbeschreibungen) der Moore veröffentlicht worden sind.

Am Anfang der Probeflächenbeschreibung wird zuerst der Ort genannt, wo sich die Probefläche befindet, dann der Moortypus, zu dem die Pflanzendecke der Probefläche gehört, unter Anwendung des bekannten Moortypensystems von CAJANDER (1913). In einigen Fällen war es schwierig, die Probefläche auf Grund ihrer Pflanzendecke in CAJANDERS Moortypensystem einzuordnen, da sie jedoch häufig einer der von WARÉN (1926) genannten Siedlungen oder Assoziationen entsprach, ist diese dann entweder allein oder zusammen mit dem nächsten Typ CAJANDERS angegeben worden. Auch den von KOTILAINEN (1927) genannten wichtigen Moortyp »eutraphentes Seggenmoor» habe ich angetroffen. Nach der Feststellung des Moor-

typs wird die Grösse der Probefläche angegeben, worauf die Aufzeichnung über die Artzusammensetzung auf der Probefläche folgt, und zwar in der Reihenfolge: Moose, Gräser, Seggen, Kräuter und Reiser. Die Reichlichkeit (Menge) der Pflanzenindividuen verschiedener Arten wird durch eine summarische Skala (nach NORRLIN) veranschaulicht:

cpp (copiosissime) = sehr reichlich
cp (copiose) = reichlich
st cp (sat copiose) = ziemlich reichlich
sp (sparsim) = zerstreut
st pc (sat parce) = ziemlich spärlich
pc (parce) = spärlich.
pcc (parcissime) = sehr spärlich.

Nach der Beschreibung der Pflanzendecke folgen die Angaben über die Dicke des Torfes und die Torfart in gegebener Tiefe. Die Torfart, d. h. die wichtigsten den Torf bildenden Pflanzenreste werden kurz durch eine Formel veranschaulicht (vgl. WARÉN 1924, S. 34 u. KOTILAINEN 1927, S. 21), in der für die Namen der hauptsächlichsten Pflanzenkonstituenten folgende Abkürzungen angewendet sind:

A = *Amblystegium* (alle sog. Braunmoose)
Be = *Betula*
C = *Cyperaceae* (ausser *Eriophorum vaginatum*)
Eq = *Equisetum*
Er = *Eriophorum vaginatum*
M = *Magnoliginden* (Holzpflanzen)
N = *Nanoliginden* (Reiser)
Pal = *Paludella*
Phr = *Phragmites communis*
Po = *Polytrichum*
S = *Sphagnum*
Sch = *Scheuchzeria palustris*.

In der die Torfarten angebenden Formel treten – wie bei KOTILAINEN — die den Hauptteil des Torfes bildenden wichtigsten Pflanzenkonstituenten zuletzt auf und die weniger wichtigen zuerst. Die Torfart ist in den meisten Fällen nur makroskopisch angegeben.

Die strukturellen Eigenschaften des Torfes werden durch VON POSTS Torfschema (1924, S. 287—302) angegeben, wobei die Huminosität, der Feuchtigkeitsgrad, der Fibergehalt von *Eriophorum vaginatum*, der Wurzelfasergehalt und der Gehalt an Holzresten mit folgenden Abkürzungen bezeichnet sind: H = Humonisität (d. h. der

Grad der Zersetzung), B = Feuchtigkeitsgrad, F = Fibergehalt von *Eriophorum vaginatum*, R = Wurzelfasergehalt und V = Gehalt an Holzresten.

Die Huminosität (H) des Torfes wird nach einer 10-gradigen Skala von L. von Post (1924, S. 291) in folgender Weise ausgedrückt:

H 1: Vollständig unhumifizierter und dyfreier Torf; beim Quetschen in der Hand geht nur klares, farbloses Wasser zwischen den Fingern ab.

H 2: Beinahe vollständig unhumifizierter und dyfreier Torf; beim Quetschen fast klares, nur schwach gelbbraunes Wasser.

H 3: Sehr wenig humifizierter oder sehr schwach dyhaltiger Torf; beim Quetschen geht deutlich trübes, braunes Wasser, baer keine Torfsubstanz zwischen den Fingern ab; der Rest nicht breiig.

H 4: Schwach humifizierter oder etwas dyhaltiger Torf; beim Quetschen stark trübes Wasser, aber noch keine Torfsubstanz; der Rest etwas breiig.

H 5: Ziemlich humifizierter oder ziemlich dyhaltiger Torf: die Pflanzenstruktur noch deutlich, aber etwas verschleiert; beim Quetschen geht etwas Torfsubstanz, aber hauptsächlich trübes, braunes Wasser zwischen den Fingern ab; der Rest ist stark breiig.

H 6: Ziemlich humifizierter oder ziemlich dyhaltiger Torf mit undeutlicher Pflanzenstruktur; beim Quetschen geht etwa $^1/_3$ von der Torfsubstanz zwischen den Fingern ab; der Rest stark breiig, aber mit deutlicher hervortretender Pflanzenstruktur als in dem unausgequetschten Torfe.

H 7: Stark humifizierter oder stark dyhaltiger Torf, dessen Pflanzenstruktur noch ziemlich erkennbar ist; beim Quetschen geht etwa die Hälfte von der Torfsubstanz ab.

H 8: Sehr stark humifizierter oder sehr stark dyhaltiger Torf mit sehr undeutlicher Pflanzenstruktur; beim Quetschen passiert etwa $^2/_3$ zwischen den Fingern durch; der Rest hauptsächlich aus mehr resistenten Bestandteilen, wie Wurzelfasern, Holzresten u. dgl., bestehend.

H 9: Fast vollständig humifizierter oder fast ganz dyartiger Torf, beinahe ohne erkennbare Pflanzenstruktur; fast die ganze Torfmasse dringt beim Quetschen zwischen den Fingern heraus.

H 10: Vollständig humifizierter Torf oder ganz dyartiger Torf ohne irgendwelche Pflanzenstruktur; beim Quetschen passiert die ganze Masse zwischen den Fingern durch.

Die Nässe des Torfes wird mittels einer 5-gradigen Skala registriert (von Post l. c., S. 292), wo B_1 = lufttrocken, B_2 = etwas entwässert, B_3 = normaler Wassergehalt, B_4 = sehr wasserreich, B_5 = Wasser mit Torfschlamm bedeutet. In betreff des Fibergehaltes (F) von *Eriophorum vaginatum* (nicht der Wurzeln) werden

4 Stufen unterschieden: F_0 = Fehlen dieser Fibern, F_1 = unbedeutendes Vorkommen, F_2 = reichliches Vorkommen der Fibern und F_3 = die Fibern bilden den Hauptteil des Torfes.

Der Gehalt an Wurzelfasern (R) und Holzresten (V) wird mittels je einer 4-gradigen Skala registriert, wo R_0, V_0 = Fehlen dieser Bestandteile: R_1, V_1 = unbedeutendes und R_2, V_2 = reichliches Vorkommen dieser Bestandteile bedeutet.

Aziditätsbestimmungen wurden leider nur an 20 Probeflächen gemacht; die pH-Werte der Torfproben in bestimmten Tiefen sind angegeben.

Auch die Lage der Grundwasserfläche ist für mehrere Probeflächen angeführt sowie oft auch die unter dem Torfe befindliche Bodenart. Die untersuchten Pflanzenarten sind mit einem * bezeichnet.

2. DIE PROBEFLÄCHEN.

Sämtliche Probeflächen sind in Nord-Finnland (zw. 64°—65° n. Breite) gelegen; Nr. 1—16, 18—43, 45—52, 56—64, 68—71, 73—104 und 107—108 liegen im Kirchspiel Sotkamo, die Probeflächen Nr. 17, 44, 53—55 und 72 im Kirchspiel Paltamo, Nr. 65 und 109 in der Nähe der Stadt Oulu, Nr. 66 im Kirchspiel Haukipudas am Meeresufer und Nr. 67 im Kirchspiel Kiiminki. Von den Probeflächen im Kirchspiel Sotkamo liegen Nr. 1—16, 19—28, 33, 35—40, 42—43, 45—52, 69—71, 73—78, 81—89, 92—96, 99—104 und 107—108 im Dorfe Jormaskylä, Nr. 18 in Vuokatinkylä (Alasotkamo), Nr. 29—31, 80, 105 und 106 im Dorfe Alasotkamo (Jäätiä), Nr. 32 im Kirchdorf, Nr. 34, 41, 52—64, 68, 79, 91, 97 und 98 im Dorfe Korholanmäki.

Probefl. 1. Moor Pohjaslahdensuo am See Jormasjärvi. Seggenreisermoor (vgl. Cajander 1913, S. 176) mit krüppeligen Föhren, kleinen Birken und Fichten. Eine ziemlich grosse Schlenke, ohne Bülten und Bäume. Q 1 m². Die Moosschicht ununterbrochen: *Sphagnum angustifolium, S. magellanicum, Drepanocladus exannulatus, Calliergon stramineum, Aulacomnium palustre. Carex limosa** cp, (vgl. S. 131), *C. irrigua* st cp, *C. chordorrhiza** st cp, (vgl. S. 177), *C. canescens** sp, (vgl. S. 166), *C. Goodenoughii* pc, *C. pauciflora** pc, (vgl. S. 186); *Equisetum fluviatile* cpp, *Menyanthes trifoliata* st cp, *Drosera rotundifolia** sp, (vgl. S. 233); *Oxycoccus palustre* st cp, *Empetrum nigrum** sp, (vgl. S. 253), *Ledum palustre* pc, *Andromeda polifolia* pc, *Cassandra calyculata* st pc.

Torf 1.5 m dick. 0.1—0.2 m. C-S-T. $H_{1-2}B_3F_1R_3V_0$; 0.3—0.4 m. S-C-T, $H_3B_3F_1V_0$. Lage der Grundwasserfläche 22. VI. 1929 0.25 m; 19. VIII. 29 0.15 m. Unter dem Torfe Sandboden.

Probefl. 2. Dasselbe Moor. »Entraphentes Grossseggen-Weissmoor» (vgl. Kotilainen, 1927, S. 33, Pr. 62 und S. 211), (vgl. Warén, 1926, S. 75—76 *Sphagnum riparium*-reiche Siedlungen). Q 4 m². In der Moosschicht der Schlenke: *Sphagnum riparium*, *S. obtusum*, *S. subsecundum*, (*S. papillosum*), *Calliergon stramineum*, *Drepanocladus fluitans* und *Paludella squarrosa* (pc). *Carex echinata** st cp, (vgl. S. 165), *C. limosa* st cp, *C. filiformis** sp, (vgl. S. 121), *C. canescens* sp, *C. rostata** pc, (vgl. S. 116), *Eriophorum polystachyum* sp, *E. gracile** pcc, (vgl. S. 101), *Agrostis canina** pc, (vgl. S. 67); *Menyanthes trifoliata** st cp, (vgl. S. 292), *Drosera longifolia* sp, *Equisetum fluviatile* st pc, *Utricularia vulgaris* pc, *Pirola minor** pc, (vgl. S. 262), *Scheuchzeria palustris** pcc, (vgl. S. 62); *Oxycoccus microcarpus* sp, *Andromeda polifolia** st pc, (vgl. S. 271).

Torf über 1 m. S-C-T. 0.1 m $H_2B_4F_0R_{2-3}$ (C, Eq) V_0; pH 4.75. Grundwasserfläche 22. VI. 1929 0.1 m.

Probefl. 3. Etwa 25 m von der vorigen Probefl. entfernt. »Entraphentes Grossseggen-Weissmoor» (vgl. Kotilainen l. c. S. 211). Q 1 m². *Sphagna* spärlich, (*S. teres*, *S. Warnstorfii*, *S. riparium*, *S. obtusum*), *Mnium affine*, *Paludella squarrosa*, *Drepanocladus exannulatus*, *Calliergon stramineum*, *Aulacomnium palustre*, *Helodium lanatum*. *Carex irrigua** cp, (vgl. S. 124), *C. teretiuscula** st cp, (vgl. S. 180), *C. chordorrhiza* st cp, *C. juncella* st cp, *C. canescens** pc, (vgl. S. 170), *C. limosa* pc, *Eriophorum polystachyum* pcc; *Equisetum fluviatile** cp, (vgl. S. 55), *Comarum palustre* pc, *Drosera rotundifolia* pc, *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 296); *Oxycoccus paluster* st cp, (vgl. S. 280).

Torf (S-)C-T. 0.1—0.2 m $H_2B_3F_0R_{2-3}V_0$; pH 4.79 (0.15—0.20 m). Grundwasserfläche 23. VI. 1929 0.2—0.3 m.

Probefl. 4. Eine Schlenke, 5 m von der Probefl. 7 entfernt. Kurzhalmiges Wollgrasmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 104) (vgl. Warén, l. c. S. 34 »*Eriophorum vaginatum-Sphagnum angustifolium*-Ass.»). Q 4 m². Ununterbrochene Moosschicht von *Sphagnum angustifolium* und *S. magellanicum*, weniger *S. papillosum*, *S. Russowii*. *Eriophorum vaginatum** cpp, (vgl. S. 96), *Carex pauciflora** st cp, (vgl. S. 183), *C. irrigua** pc, (vgl. S. 125); *Equisetum fluviatile* st cp, *Menyanthes trifoliata* st cp; *Oxycoccus paluster** cp, (vgl. S. 278), *Cassandra calyculata** sp, (vgl. S. 269), *Andromeda polifolia* pc.

Torf über 1 m. S-T. 0.1—0.2 m $H_2B_3F_2R_{1-2}V_0$; pH 4.10. Lage der Grundwasserfläche 0.1—0.2 m.

Probefl. 5. Dasselbe Moor. *Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 104—105, kurzhalmiges Weissmoor). Q 1 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum magellanicum* cpp, *S. angustifolium* cp, *S. Russowii* pc. *Carex pauciflora** cpp, (vgl. S. 184),

C. limosa cp, *C. chordorrhiza** sp, (vgl. S. 178), *C. irrigua** pc, (vgl. S. 130), *Eriophorum vaginatum** pc, (vgl. S. 97); *Menyanthes trifoliata** cpp, (vgl. S. 296); *Equisetum fluviatile** sp, (vgl. S. 55), *Drosera rotundifolia* st pc, *Rubus chamaemorus* pc; *Empetrum nigrum** sp, (vgl. S. 253), *Oxycoccus paluster* pc, *Vaccinium vitis idaea* pc, (vgl. S. 55), *Ledum palustre** pc, (vgl. S. 268), *Cassandra calyculata* pcc; *Pinus silvestris* (1 Keimling).

Torf 1.1 m dick. C-S-T. 0.1—0.2 m $H_{1-2}B_3F_{1-2}R_2$ (C, Eq, N) V_0; 0.2—0.3 m H_3V_{1-2}; pH 3.62 (0.15—0.20 m). Lage der Grundwasserfläche 0.3—0.4 m.

Probefl. 6. Dasselbe Moor. Reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor. Schwer in Cajanders System einzuordnen. Schlenke. Q 2 m². In der Moosschicht *Sphagnum angustifolium* cpp, *S. magellanicum, S. Russowii, Aulacomnium palustre. Carex echinata** cp, (vgl. S. 162), *C. Goodenoughii** st cp, (vgl. S. 158), *C. chordorrhiza** st cp, (vgl. S. 177), *C. irrigua* st cp, *Agrostis vulgaris** pc, (vgl. S. 65); *Menyanthes trifoliata* cpp, *Drosera rotundifolia* cp, *Equisetum palustre* cp, *E. fluviatile* st cp, *Comarum palustre** pc, (vgl. S. 249), *Pyrola minor** pc, (vgl. S. 264); *Oxycoccus paluster* cpp, *Myrtillus uliginosa** pc, (vgl. S. 275), *Empetrum nigrum* pc, *Andromeda polifolia** pc, (vgl. S. 272).

Torf 1.2 m. C-S-T. 0.15—0.20 m $H_2B_{3-4}F_0R_{1-2}V_0$. Grundwasserfläche 0.2—0.3 m.

Probefl. 7. Dasselbe Moor. Reisermoor; eine 0.4 m hohe *Cassandra*-Bülte. Q 1 m². Ununterbrochene Moosschicht von *Sphagnum magellanicum* cp, *S. angustifolium* sp, *Polytrichum commune* cp, *Hylocomium proliferum, Aulacomnium palustre, Cladonia rangiferina. Eriophorum vaginatum** cp, (vgl. S. 97), *Carex filiformis** pc, (vgl. S. 121); *Rubus chamaemorus* sp, *Peucedanum palustre** pc, (vgl. S. 260); *Cassandra calyculata** cpp, (vgl. S. 269), *Ledum palustre** cp, (vgl. S. 268), *Vaccinium vitis idaea** cp, (vgl. S. 276), *Empetrum nigrum* st cp, *Oxycoccus microcarpus** st cp, (vgl. S. 281), *Myrtillus uliginosa* pc. Bäume: 1 kleine Föhre, 1 kl. Kiefer, einige kleine Birken.

Torf 1.8 m. N-S-T. 0.3 m $H_{1-2}B_2F_3R_{1-2}V_0$. Grundwasserfläche 12. VI. 1929 0.7 m.

Probefl. 8. Etwa 20 m von der Probefl. 7 entfernt. Rosmarinkrautmoor, *Cassandra*-Moor (vgl. Cajander, l. c. S. 155, 158—159) oder die letzte Phase der progressiven Entwicklung eines Seggenreisermoors zum Rosmarinkrautmoore. Eine ca. 0.5 m hohe Bülte. Q 1 m². *Sphagnum fuscum* cpp, *Pleurozium Schreberi, Polytrichum commune, S. magellanicum* pc. *Eriophorum vaginatum* sp, *Carex filiformis** (ster.) pc, (vgl. S. 123); *Drosera rotundifolia** cp, (vgl. S. 233), *Rubus chamaemorus* sp, *Menyanthes trifoliata* *pc, (vgl. S. 292); *Cassandra calyculata** cp, (vgl. S. 269), *Ledum palustre* cp, *Andromeda polifolia* st cp, *Empetrum nigrum* sp, *Vaccinium vitis idaea** sp, (vgl. S. 276), *Oxycoccus microcarpus* sp, *Myrtillus nigra** sp, (vgl. S. 273), *M. uliginosa** pc, (vgl. S. 275).

Torf ca. 1.8 m. N-S-T. 0.15—0.20 m $H_2B_{2-3}F_1R_2V_1$. Lage der Grundwasserfläche 0.8 m.

Probefl. 9. Eine 0.4 m hohe Bülte ganz in der Nähe der Probefl. 6. *Cassandra*-Moor (vgl. CAJANDER, l. c. S. 158—159). Q ca. 2 m². In der Moosschicht *Sphagnum magellanicum*, *S. Wulfianum*, *Aulacomnium palustre*. *Carex dioeca** sp, (vgl. S. 189), *C. Goodenoughii** pc, (vgl. S. 157), *Eriophorum polystachyum** pc, (vgl. S. 84), *Aera flexuosa** pc. (vgl. S. 71), *Calamagrostis phragmitoides** pc, (vgl. S. 69); *Menyanthes trifoliata** cp, (vgl. S. 296), *Drosera rotundifolia* st cp; *Cassandra calyculata* cpp, *Ledum palustre** cpp, (vgl. S. 267), *Andromeda polifolia** st cp, vgl. S. 272), *Oxycoccus paluster** cp, (vgl. S. 280), *Calluna vulgaris** pc, (vgl. S. 283).

Torfschicht 1.4 m. Oberflächentorf N-S-T, darunter C-S-T. 0.2—0.3 m $H_2B_{2-3}F_0R_2V_0$. Grundwasserfläche 29. VII. 1929 0.6 m.

Probefl. 10. Eine niedrige, ugf. 0.25 m hohe Reisermoorbülte, 7 m von der Pr. 3 entfernt. (Vgl. WARÉN, 1926, S. 76 *Sphagnum rubellum*-reiche Siedlungen.) Q ca. 2 m². *Sphagnum rubellum* cp, *S. magellanicum* pc, *Cladonia rangiferina*, *C. silvatica*. *Eriophorum vaginatum* sp; *Trientalis europaea** pc, (vgl. S. 287), *Drosera rotundifolia* pc; *Cassandra calyculata* st cp, *Ledum palustre* sp.

Torf über 1 m. S-T. 0.20 m $H_2B_2F_1R_2V_0$.

Probefl. 11. Reisermoorbülte, 3 m von der vorigen Bülte entfernt. Q 1 m². In der Moosdecke *Pleurozium Schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum strictum*. *Rubus arcticus** st cp, (vgl. S. 243); *Cassandra calyculata* st cp, *Empetrum nigrum* pc. 1 kleine Fichte, 1 kleine Birke.

Torf über 1 m. Po-T. 0.10—0.15 m $H_2B_{2-3}F_0R_1V_{0-1}$.

Probefl. 12. Dasselbe Moor. *Cassandra*-Moor (vgl. CAJANDER 1913, S. 158—159) oder Seggenreisermoor (CAJANDER, l. c. S. 176). *Sphagnum fuscum*-Bülte. Q 1 m². Die Moosdecke besteht aus *S. fuscum* cp. *Carex filiformis** cp, (vgl. S. 122), *C. dioeca** st pc, (vgl. S. 191), *C. pauciflora** sp, (vgl. S. 185); *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 296), *Equisetum fluviatile** pc, (vgl. S. 53), *Drosera rotundifolia** pc, (vgl. S. 233), *Rubus chamaemorus* pc; *Cassandra calyculata* cpp, *Ledum palustre* st cp, *Oxycoccus paluster* st cp, *Vaccinium vitis idaea* st cp.

Torf 1.8 m. S-T und N-S-T. 0.3 m $H_2B_3F_0R_{1-2}V_0$. Lage der Grundwasserfläche 23. VI. 1929 0.8 m; 6. VIII. 1929 0.7 m.

Die Probeflächen Nr. 1—12 liegen also alle auf demselben Moorkomplex, ziemlich nahe beieinander. Am Rande dieses Moores gibt es 60—70 % Bülten, weiter in der Mitte des Moores 60—75 % Schlenken. *Betula nana* fehlt, *Sphagnum fuscum*-Bülten sehr wenig. Auf den Bülten krüppelige Kiefern, einige kleine Birken und Fichten.

Probefl. 13. Am See Jormasjärvi, Pohjaslahti, am W-Ufer. *Equisetum silvaticum*-Bruchmoor (vgl. CAJANDER, l. c. S. 192). Q ca. 20 m². Einige grosse Fichten, kleine Birken, einige Wacholder. In der

ununterbrochenen Moosschicht *Polytrichum commune* und *Sphagnum Girgensohnii*. Die Moosdecke ziemlich eben, um die Bäume kleine Bülten. *Sphagnum angustifolium*, stellenweise an nasseren Stellen, *Hylocomium proliferum*, *Pleurozium Schreberi*, *Aulacomnium palustre* (auf den Bülten). *Carex globularis* cp (auf den Bülten), *C. canescens** st cp, (vgl. S. 167), *Hierochloë odorata** pc, (vgl. S. 63), *Calamagrostis phragmitoides** pc, (vgl. S. 69), *Juncus filiformis* pc, *Luzula multiflora* pc; *Equisetum silvaticum* cpp, *Trientalis europaea** sp, (vgl. S. 285), *Listera cordata** sp, (vgl. S. 216), *Rubus arcticus** st cp, (vgl. S. 212), *Coralliorhiza innata* pc, *Pirola rotundifolia** sp, (vgl. S. 265), *Rubus chamaemorus* pc, *Epilobium angustifolium* pc, *Pirola secunda* pc, *Geranium silvaticum** pc, (vgl. S. 250), *Angelica silvestris* pc, *Solidago virgaurea** pc, (vgl. S. 311); *Myrtillus nigra** st cp, (vgl. S. 271), *Vaccinium vitis idaea* pc.

Torfschicht dünn, 0.2—0.4 m, stellenweise nur 0.10—0.15 m. Po-S-T. 0.15—0.20 m $H_{1-2}B_3F_0R_{1-2}V_1$; pH 4.29. Unter dem Torfe Lehm (0.3 m), darunter Sandboden. Grundwasserfläche ca. 0.2 m.

Probefl. 14. Dasselbe Bruchmoor. Eine kleine Bülte und die umliegende Schlenke. Q ca. 2 m². In der Mosschicht um eine Fichte *Hylocomium proliferum* und *Polytrichum commune*. In der Schlenke *P. commune*. *Luzula multiflora** st cp, (vgl. S. 204) (in der Schlenke); *Equisetum silvaticum* cp, *Trientalis europaea** st cp, (vgl. S. 287) (auf der Bülte).

Torf 0.2 m. Po-T. $H_2B_2F_0R_1V_0$.

Probefl. 15. Am See Jormasjärvi, auf dem Gebiet des Bauerngutes Neuvola, nahe am Seeufer. Bruchwald (vgl. Cajander, l. c. S. 186). Grosse Fichten, hohe Birken, Grauerlen und einige Wacholder. Q ca. 10 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum Girgensohnii* cp, *Polytrichum commune* cp, *Hylocomium proliferum* und *Aulacomnium palustre*. *Aera flexuosa* st cp, *Calamagrostis phragmitoides* pc; *Trientalis europaea* st cp, *Majanthemum bifolium* st cp, *Linnaea borealis* sp, *Angelica silvestris** pc, (vgl. S. 258), *Geranium silvaticum* st pc, *Melampyrum pratense** st pc, (vgl. S. 301), *Pirola secunda* pc; *Myrtillus nigra* sp, *Vaccinium vitis idaea* st pc, *Calluna vulgaris** pc, (vgl. S. 284).

Torfschicht dünn, meistens nur 0.10 m, stellenweise 0.2—0.3 m. Po-T; mit Sand gemischt. 0.10 m $H_{2-3}B_2F_0R_2V_1$. Unter dem Torfe Mineralboden.

Probefl. 16. Am See Jormasjärvi, Kiviranta, bei dem Bauerngut Kainula. *Equisetum silvaticum*-Bruchmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 192), stellenweise besserer Heidelbeerbruch (Cajander, l. c. S. 188—190). Q 10 m². Die Moosdecke meistens ziemlich eben, um die Bäume ca. 0.5 m hohe Bülten von *Polytrichum commune* gebildet. In der Moosschicht *Sphagnum Girgensohnii* cpp, *Polytrichum commune* cp, *S. magellanicum* sp, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium proliferum*. *Carex globularis** cp, (vgl. S. 119) (auf den Bülten), *Carex vesicaria** cp, (vgl. S. 111) (stellenweise in der ebenen Moosdecke), *Cala-*

*magrostis phragmitoides** st pc, (vgl. S. 67), (sowohl in der ebenen Moosdecke als auch auf den Bülten); *Equisetum silvaticum* cpp, *Trientalis europaea* st cp, (vgl. S. 288), *Cornus suecica** st cp, *Linnaea borealis** st cp, *Majanthemum bifolium** sp, *Melampyrum pratense** sp, (vgl. S. 302), *Pirola secunda** st pc, (vgl. S. 264), *Comarum palustre* pc; *Myrtillus nigra* cp, *Oxycoccus paluster* st cp, *Myrtillus uliginosa* pc, *Vaccinium vitis idaea* pc, *Cassandra calyculata* pcc, *Ledum palustre* pcc; *Salix aurita* st cp, *S. lapponum* sp, *Rhamnus frangula* sp; *Sorbus aucuparia*.

Torf 0.4—0.5 m; in den Bülten ca. 1 m. S-T, stellenweise Po-S-T. 0.1—0.2 m $H_2B_3F_0R_{1-2}V_0$. Grundwasserstand (in den Schlenken) 0.15—0.20 m.

Probefl. 17. Dorf Kontiomäki, in der Nähe des Bahnhofs, E-Seite. Bruchmoor mit Fichten und Birken, ziemlich hohe Bülten und Baumstubben. Q 10 m². Die Moosdecke ununterbrochen und uneben, *Sphagnum Girgensohnii, Polytrichum commune, Mnium cinclidioides. Carex globularis** cp, (vgl. S. 148) (auf den Bülten und an den Baumstubben), *C. loliacea* (an nasseren Stellen); *Listera cordata* st cp.

Torfschicht ca. 0.4 m. C-S-T. 0.2—0.3 m $H_3B_3F_0R_1V_1$.

Probefl. 18. In der Nähe des Bauerngutes Rönkkö. Bruchmoor, eine 0.4 m hohe Bülte um eine Fichte. Q ca. $^1/_2$ m². In der Moosschicht *Polytrichum commune* cp, *Pleurozium Schreberi* pc. *Carex sparsiflora** st cp, (vgl. S. 111).

Torf M-Po-S-T. 0.2—0.3 m $H_3B_{2-3}F_0R_1V_1$.

Probefl. 19. Jormasjoki, Jokijärvi. *Calla*-Bruchmoor (vgl. Cajander 1913, S. 197—198). Q ca. 4 m². Der Holzbestand um die Probefl. herum besteht aus hohen Fichten, Birken und Grauerlen. In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum squarrosum, S. centrale, S. Girgensohnii, S. Russovii, Mnium cinclidioides* (stellenw. cp), *Calliergon giganteum* st cp, *Drepanocladus fluitans* pc, *Polytrichum commune* pcc, *Aulacomnium palustre* pcc. *Carex canescens* cp, *C. irrigua** st cp, (vgl. S. 126), *C. loliacea* pc, *Agrostis vulgaris* pc; *Calla palustris** cpp, (vgl. S. 195), *Galium palustre** st cp, (vgl. S. 307), *Sparganium simplex** sp, vgl. S. 56), *Caltha palustris** pc, (vgl. S. 225), *Ranunculus repens* pc, *Scutellaria galericulata** pc, (vgl. S. 298), *Viola palustris* pc.

Torf 0.4—0.5 m, gut zersetzt, unten Lehm. C-S-T. 0.2—0.3 m $H_{5-6}B_{(3-)4}F_0R_1V_1$. Grundwasserfläche 0.3—0.4 m.

Probefl. 20. Määttälänmäki, S von der Landstrasse. Eine mit Wasser gefüllte Grube auf einem *Ledum*-Reisermoore (vgl. Cajander, l. c. S. 157—158). Die ununterbrochene Moosschicht in der Grube besteht aus *Sphagnum riparium. Eriophorum polystachyum** cpp, (vgl. S. 87), *Carex canescens** cp, (vgl. S. 169).

Tiefe des Wassers 0.2 m. Torf S-T. $H_{10}B_4F_0R_1V_0$.

Probefl. 21. Dasselbe *Ledum*-Reisermoor, am Rand derselben Grube. Q 1 m². Die Moosdecke fast denudiert. *Carex canescens** cp, (vgl. S. 169).

Torf N-S-T, mit Sand gemischt. $H_4B_3F_0R_2V_0$.

Probefl. 22. Jormasjärvi, Mäntyniemi. Eine grosse, mit Wasser gefüllte Grube mit gut zersetztem Boden. In der ununterbrochenen, schwappenden Moosdecke auf dem Wasser *Sphagnum apiculatum*, etwas mit *S. cuspidatum* gemischt. Am Rand der Grube auf trockenen Stellen *S. magellanicum* und *S. Wulfianum*-Flecken. Stellenweise auf der Wasseroberfläche keine *Sphagnum*-Decke. *Eriophorum polystachum** cpp, (vgl. S. 85), *Carex canescens** cp, (vgl. S. 168), *C. Goodenoughii** sp, (vgl. S. 157); *Comarum palustre** st cp, *Calla palustris** cp, (vgl. S. 195), *Lysimachia thyrsiflora** sp, (vgl. S. 291); an dem festen Rande *Oxycoccus paluster* st cp, *Myrtillus uliginosa* pc.

Tiefe des Wassers 0.5—0.75 m. Bodentorf mit Sand gemischt. $H_9B_{4-5}F_0R_1V_0$; pH 4.10 (auf dem Boden).

Probefl. 23. Auf dem Gebiet des Bauerngutes Kanala, Moor Halkokorpi. Eine mit Wasser gefüllte Grube auf einer Moorwiese am Rand eines Reisermoores. Im Wasser *Drepanocladus fluitans* sp, *Sphagnum cuspidatum* pc. Am festen Rande des Grubes *S. Warnstorfii* cp (niedrige Bülten bildend). *Eriophorum alpinum** cp, (vgl. S. 101), (auf den Bülten); *Menyanthes trifoliata** st cp, (vgl. S. 293), (im Wasser).

Torf A-T (reichl. Be-Blätter). 0.5 m $H_{1-6}B_1F_0R_1V_1$.

Probefl. 24. Etwa 50 m von der vorigen Probefl. entfernt. Eine grosse mit Wasser gefüllte Grube. Q 9 m². Die Moosdecke auf der Wasseroberfläche ununterbrochen, besteht aus *Sphagnum riparium*. *Calamagrostis phragmitoides* pc; *Comarum palustre** cpp, (vgl. S. 218).

Torf S-T. $H_3B_4F_0R_{1-2}V_0$. Tiefe des Wassers ca. 0.3 m.

Probefl. 25. Jormasjärvi, Pohjaslahti. Eine mit Wasser gefüllte Grube am Rand eines Seggenreisermoores. Q ca. 6 m². *Carex rostrata** cpp, (vgl. S. 118), *C. canescens* sp; *Sparganium minimum** st cp, (vgl. S. 57). Tiefe des Wassers 0.3—0.4 m.

Torf C-T. $H_6B_1F_0R_1V_{1-2}$.

Probefl. 26. Etwa 20 m von der vorigen Probefl. entfernt. Sumpfmoor (vgl. Cajander 1913, S. 92—96). Q 10 m². In der Moosschicht *Sphagnum riparium* (ununterbr.), *S. obtusum*. *Carex canescens* st cp, *C. rostrata* st cp, *C. aquatilis* st cp, *C. juncella* sp, *C. limosa* sp, *Agrostis vulgaris* sp, *Calamagrostis phragmitoides* pc, *Eriophorum polystachyum* pc; *Equisetum fluviatile* st cp, *Lysimachia thyrsiflora** cp, (vgl. S. 291), *Comarum palustre* st cp, *Calla palustris* st cp, *Menyanthes trifoliata* sp. *Calla palustris** cpp, (vgl. S. 197) in einem Graben, von wo rosthaltiges Wasser langsam in den naheliegenden See fliesst.

Oberflächentorf C-S-T. 0.10—0.20 m $H_{1-2}B_4F_0R_1V_0$. Unten C-T. Im Graben, wo die Moosschicht vollständig denudiert ist $H_9B_4F_0R_1V_2$.

Probefl. 27. In der Nähe des Bauerngutes Alanko. Weidenau (vgl. Cajander 1913, S. 200). Eine reichlich mit Weidenbüschen bewachsene Senke, die besonders im Frühsommer überschwemmt ist, auch später ist der Boden sehr nass. Stellenweise ist die Moosdecke von *Sphagna*, *Mnium cinclidioides*, *Amblystegium*-Arten usw. gebildet, auf

der Probefl. nur *Scorpidium scorpioides* cpp. *Carex rostrata** cp, (vgl. S. 117), *Eriophorum polystachyum* pc, *Carex canescens** pc, (vgl. S. 170); *Sparganium minimum** pc, (vgl. S. 58).

Torf A-C-T. $H_8B_4F_0R_1V_0$.

Probefl. 28. Auf dem Gebiet der Villa Jormala. Braunmoorartiges Quellenweissmoor (vgl. CAJANDER 1913, S. 124—126). Q 20 m². Moosschicht fast ununterbrochen, besteht aus *Acrocladium cuspidatum* cp, *Calliergon giganteum* st cp, *Bryum Duvalii* cp, *Mnium cinclidioides* st cp, *Philonotis fontana* (stellenw. cp), *Brachytecium rivulare* st cp, *Aulacomnium palustre* pc, *Pleurozium Schreberi* pc, *Sphagnum Warnstorfii* pc. *Aera caespitosa* cp, (vgl. S. 72), *Poa pratensis* cp, *Agrostis canina* sp, *Carex Goodenoughii** st cp, (vgl. S. 156), *C. echinata* st cp, *C. canescens* sp, *C. juncella* sp, *C. loliacea** sp, (vgl. S. 171), *Eriophorum alpinum* pc, *E. polystachyum* pcc, *Juncus alpinus* st cp, *Luzula multiflora* sp; *Ranunculus repens** cp, (vgl. S. 230), *R. acer** pc, (vgl. S. 228), *Ulmaria pentapetala** sp, (vgl. S. 210), *Cirsium palustre** pc, (vgl. S. 310), *Crepis paludosa** pc, (vgl. S. 312), *Galium uliginosum** cp, (vgl. S. 307), *G. palustre* st pc, *Montia lamprosperma** sp, (vgl. S. 222), *Veronica serpyllifolia* pcc, *Epilobium palustre** sp, (vgl. S. 256), *Orchis maculatus* sp, *Cerastium triviale* sp, *Trifolium repens* pc, *Polygonum viviparum* sp, *Viola epipsila* sp, *Viola palustris** st cp, (vgl. S. 251), *Prunella vulgaris** sp, (vgl. S. 299), *Melampyrum pratense* st pc, *Polystichum spinulosum* pc, *Equisetum silvaticum* sp.

Torf C-A-T, stellenweise A-C-T, Dicke 0.3—0.35 m, stellenweise nur 0.15—0.20 cm; unten Stein- und Sandboden. 0.15 m $H_{5-6}B_4F_0R_2V_0$; pH 5.90. Lage der Grundwasserfläche 0.20 m.

Probefl. 29. 7 km vom Kirchdorfe, S von der Landstrasse, die nach dem Dorf Tuhkakylä führt, und ca. 1.5 km nördlich vom Berg Vuokatti, Pölly. Kolkmoor (vgl. CAJANDER 1913, S. 113—116) um einen kleinen, 20 m langen See; das umgebende Moor ein Reisermoor. In der ununterbrochenen, schwappenden Moosschicht (um den See) *Sphagnum riparium*, *S. obtusum*, *S. teres*, *S. papillosum*, *Calliergon stramineum*, *C. sarmentosum*, *Drepanocladus exannulatus*. *Carex rostrata** cp, (vgl. S. 118), *C. limosa** cp, (vgl. S. 135), *C. Goodenoughii* st cp, *C. pauciflora* sp, *C. canescens* sp, *Eriophorum polystachyum* sp; *Scheuchzeria palustris** st cp, (vgl. S. 59), *Equisetum fluviatile* sp, *Drosera longifolia* sp, *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 295).

Torf 1.5 m tief, unten Sand. C-S-T. 0.15—0.20 m $H_2B_{3-4}F_0R_2V_0$. Grundwasserfläche 0.1—0.2 m.

Probefl. 30. Etwa 20 m von der vorigen Probefl. entfernt. *Sphagnum papillosum-Carex pauciflora*-Weissmoor (vgl. CAJANDER, l. c. S. 110—111) oder Rimpi-(Flark)-Moor (CAJANDER, l. c. S. 117—). Es ist schwer, die Probefl. nach CAJANDERS System festzustellen. Q 1 m². Moosschicht, fast ununterbrochen, *Sphagnum papillosum* cpp, *S. obtusum* sp. *Eriophorum alpinum** cpp, (vgl. S. 103), *E. polystachyum* pc,

Carex pauciflora pc, *C. dioeca** pc, (vgl. S. 188); *Drosera longifolia** st cp, (vgl. S. 235).

Torf ca. 1 m; unten Sandboden. S-T. 0.1 m $H_1B_3F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 31. Eine kleine, niedrige Bülte ganz in der Nähe der vorigen Probefläche. *Sphagnum papillosum*-Weissmoor. Q 1 m². *Sphagnum papillosum* cpp, *S. teres*, *S. obtusum*, *S. Warnstorfii* pcc, *Aulacomnium palustre* pc. *Molinia coerulea** cp, (vgl. S. 77), *Carex dioeca** sp, (vgl. S. 188); *Drosera rotundifolia** cp, (vgl. S. 232), *Comarum palustre* pc; *Myrtillus uliginosa* sp; *Rhamnus frangula* 1 kleines Indiv.

Torf 1.8 m mächtig. S-T. 0.2 m $H_{1-2}B_3F_0R_{1-2}V_0$. Grundwasserstand 0.4 m.

Probefl. 32. Saunalampi. Verlandungs-Weissmoor; *Calla*-Moor (vgl. Cajander, l. c. S. 92—96). Q 20 m². Die Oberfläche ziemlich eben, nur einige niedrige Bülten. Moosschicht schwappend, *Sphagnum riparium* cpp, *S. apiculatum*, *S. squarrosum*. *Carex limosa** cp, (vgl. S. 133), *C. rostrata* sp, *C. canescens** st cp, (vgl. S. 168), *C. aquatilis** sp, (vgl. S. 151), *C. Goodenoughii* sp, *C. echinata** sp, (vgl. S. 163), *Eriophorum polystachyum* st pc, *Scirpus paluster* pc; *Calla palustris** cp, (vgl. S. 194), *Lysimachia thyrsiflora* st cp, *Comarum palustre* st cp, *Sparganium simplex* sp, *Menyanthes trifoliata* st pc, *Ranunculus repens* pc, *Galium uliginosum* pc, *Peucedanum palustre* pc, *Equisetum palustre* pc. Auf den Bülten *Comarum palustre*, *Peucedanum palustre*, *Pedicularis palustris*, *Drosera rotundifolia; Oxycoccus paluster; Pinus silvestris* pc (kleine, sehr krüppelige).

Torf C-S-T. 0.10—0.20 m $H_3B_4F_0R_2V_0$.

Probefl. 33. Etwa 200 m S von dem Fluss Jormasjoki; See Muinosenlampi. Überwachsungsmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 98—99). Q ca. 2 m². Die Moosdecke fast frei auf dem Wasser schwebend. *Sphagnum Jensenii* cpp, *S. riparium* cp. *Carex irrigua* cp, (vgl. S. 130), *Eriophorum vaginatum* pc; *Menyanthes trifoliata** st cp, (vgl. S. 296) (im Wasser), *Scheuchzeria palustris* st cp, *Peucedanum palustre* pc.

Torf (C)-S-T. 0.1—0.2 m $H_1B_{3-4}F_1R_1V_0$.

Probefl. 34. Ein kleiner See, ca. $^1/_2$ km E von dem See Rehjanselkä, bei Lauttalahti. Überwachsungsmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 98—99) am Ufer des kleinen Sees. In der schwappenden Moosschicht *Sphagnum riparium*, *S. amblyphyllum*. *Carex canescens* st cp, *C. rostrata* sp, *Eriophorum polystachyum* st cp; *Lysimachia thyrsiflora** cp, (vgl. S. 290), *Equisetum fluviatile* st cp, *Epilobium palustre* pc. Die Oberfläche der Probefl. eben.

Torf 0.2—0.3 m, unten Wasser. C-S-T. $H_1B_4F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 35. Jormasjärvi, Überwachsungsmoor bei Kevatuslahti. Die schwappende Moosdecke am Seeufer ca. 0.25—0.40 m dick, unten Wasser. Q 2 m². *Sphagnum squarrosum*, *S. obtusum*, *S. riparium*, *S. amblyphyllum*, *S. Jensenii*. *Carex limosa** cp, (vgl. S. 134), *C. rostrata** st cp, (vgl. S. 117), *C. canescens** st cp, (vgl. S. 169), *Juncus*

*filiformis** sp, (vgl. S. 199); *Calla palustris** cp, (vgl. S. 196), *Comarum palustre** cp, (vgl. S. 248), *Peucedanum palustre** pc, (vgl. S. 260).

Torf C-S-T. 0.2 m $H_2B_4F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 36. Am E-Ufer des Flusses Mustijoki in der Nähe des Wasserfalls Köngäs. Moorwiese. Q 1 m². Die Moosschicht ununterbrochen, *Philonotis fontana*, *Paludella squarrosa*. *Carex microstachya** cp, (vgl. S. 181), *Juncus filiformis* pc. Die Oberfläche sich etwas gegen den Fluss neigend.

Torf ca. 0.2 m, unten Lehm. $H_4B_{3-4}F_0R_1V_0$.

Probepl. 37. Etwa 100 m von der vorigen Probefl., stromabwärts. Moorwiese oder Überschwemmungsmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 97). Q 1 m². In der lückenhaften Moosschicht *Campylium stellatum*, *Mnium* sp. *Carex vesicaria** cpp, (vgl. S. 114), *C. irrigua* pc, *C. canescens* sp.

Torf C-T. ca. 0.1 m dick, unten mit Lehm gemischter Humus. $H_3B_{1-2}F_0R_2V_{1-2}$.

Probefl. 38. Die Mündung desselben Flusses. Seggenreisermoor (vgl. Cajander, l. c. S. 176), mit unebener Oberfläche. Q 2 m². *Sphagnum riparium*, *S. angustifolium*, *Polytrichum* (auf den niedrigen Bülten). *Carex vesicaria** cp, (vgl. S. 113), *C. filiformis* cp, *C. irrigua** pc, (vgl. S. 128), *Eriophorum vaginatum* st cp, *E. polystachyum** pc, (vgl. S. 88); *Rubus chamaemorus* st cp, *Comarum palustre* pc; *Ledum palustre* sp, *Oxycoccus paluster* sp, *Betula nana* st cp.

Torf S-C-T. 0.1—0.2 m $H_3B_3F_1R_{1-2}V_{1-2}$. Grundwasserfläche 0.3 m.

Probefl. 39. Jormasjärvi, Pohjaslahti. Moorwiese auf dem Gebiet des Bauerngutes Kanala. Q 6 m². In der Moosdecke *Sphagna* pc, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum Swartzii*, *Climacium dendroides*. *Carex echinata* sp, *C. juncella* st cp, *Festuca ovina* pc, *Anthoxanthum odoratum* pc, *Juncus filiformis* pc, *Luzula campestris* pc; *Viola palustris* cp, *Parnassia palustris** st cp, (vgl. S. 238), *Equisetum fluviatile* sp, *Cirsium palustre* pc, *Galium uliginosum* pc, *Comarum palustre* pc, *Caltha palustris** sp, (vgl. S. 224).

Torf 0.1—0.2 m. C-T. $H_{1-6}B_2F_0R_2V_0$.

Probefl. 40. Etwas näher an demselben Seeufer. Überschwemmungsmoor (vgl. *Cajander*, 1913, S. 97). In der unterbrochenen, lückenhaften Moosschicht *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum subsecundum*, *Drepanocladus fluitans*. *Carex Goodenoughii* st cp, *C. rostrata* pc, *Eriophorum polystachyum* pc, (vgl. S. 87), *Juncus filiformis* cp; *Comarum palustre* sp, *Equisetum fluviatile* pc, *Peucedanum palustre** pc, (vgl. S. 260), *Menyanthes trifoliata* pc, *Galium palustre* pc.

Torf 0.4—0.6 m. S-C-T, stellenweise C-T. 0.1 m $H_{3-4}B_3F_0R_2V_0$.

Probefl. 41. See Nuasjärvi, Haapalahti. Braunmoorartige Torfbodenwiese, die im Frühling teilweise vom Flutwasser bedeckt ist. Q 25 m². Die Moosschicht stellenweise denudiert. *Paludella squarrosa*, *Sphagnum Warnstorfii*, *Aulacomnium palustre*, *Philonotis*

fontana. *Carex irrigua* sp, *Eriophorum polystachyum* sp, *E. latifolium* pc; *Gymnadenia conopéa** cp, (vgl. S. 212), *Listera ovata** cp, (vgl. S. 215). *Orchis maculatus* pc, *Polygonum viviparum* cp, *Geum rivale** st cp, (vgl. S. 246), *Parnassia palustris* sp, *Trifolium spadiceum* st cp, *T. pratense* sp, *Galium uliginosum* pc, *Ranunculus acer* pc, *Rhinanthus minor* sp, *Equisetum palustre* sp.

Torf 0.1—0.4 m, unten Lehm und Sandboden. 0.1—0.2 m $H_4B_3F_0R_2V_0$.

Probefl. 42. und 43. Villa Jormala. (Hainartiger) O M T-W a l d (vgl. Cajander 1916, S. 452). S-Abhang mit Birken, Grauerlen, Sperberbäumen, Ahlkirschen, Fichten, Kiefern und Wacholdern. Die Moosschicht stellenweise unterbrochen, *Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Climacium dendroides*, *Polytrichum commune*, *Mnium*-Arten, *Sphagnum Warnstorfii* (auf den nasseren Stellen). *Carex sparsiflora* st cp und *C. globularis* pc (auf den Bülten), *Agrostis vulgaris*, *Aera flexuosa* *Luzula multiflora*; *Majanthemum bifolium* cp, *Geranium silvaticum* st cp, *Oxalis acetosella* sp, *Crepis paludosa* sp, *Ulmaria pentapetala* sp, *Prunella vulgaris* sp, *Cornus suecica* sp, *Pyrola secunda* sp, *P. minor* pc, *Orchis maculatus* pc, *Melampyrum pratense*, *M. silvaticum*, *Viola epipsila* pc, *Equisetum silvaticum* st cp, *E. palustre* pc; *Calluna vulgaris* sp, *Myrtillus nigra* sp. 2 Probeflächen auf dem Abhang unterschieden.

Probefl. 42. Untersuchte Pflanzen: *Aera flexuosa*, *Orchis maculatus**, *Prunella vulgaris**, (vgl. S. 299), *Cornus suecica**, (vgl. S. 261), *Majanthemum bifolium**, (vgl. S. 206), *Melampyrum silvaticum**, (vgl. S. 302), *Viola epipsila**, (vgl. S. 255), *Pirola secunda**, (vgl. S. 265), *P. minor**, (vgl. S. 263), *Calluna vulgaris**, (vgl. S. 283).

Torfschicht sehr dünn, 4—5 cm; stellenweise 10—15 cm, unten mit Sand und Steinen gemischter Humus.

Probefl. 43. Eine ca. 0.5 m hohe Bülte. *Pleurozium Schreberi*, *Climacium dendroides*, *Sphagnum Warnstorfii*, *Hylocomium proliferum*. Die untersuchten Pflanzen *Carex sparsiflora**, (vgl. S. 113), *Orchis maculatus**, (vgl. S. 208).

Torf um die Bülte 0.1—0.15 m, S-A-T. $H_4B_{2-3}F_0R_2V_0$.

Probefl. 44. Pitkäperä, Rajakallio. Ca. 2 km NW von dem Bauerngut Tolola. Braunmoorartige Torfbodenwiese. Q 2 m². Die Moosdecke ungleichmässig. *Camptothecium trichoides*, *Dicranum Bonjeanii*, *Thuidium recognitum*, *Sphagnum Warnstorfii*, *Paludella squarrosa*. *Carex capillaris**, cp, (vgl. S. 138).

Torf 0.10—0.15 m. A-C-T. $H_5B_{2-3}F_0R_1V_0$. Unter dem Torfe Lehm.

Probefl. 45. Jormasjärvi. Moor nahe am Seeufer, auf dem Gebiet des Bauerngutes Alanko. *Paludella*-Braunmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 132—134). Die Moosvegetation etwas unterbrochen, *Paludella squarrosa* cpp, *Campylium stellatum*, *Calliergon stramineum*, *Sphagnum Warnstorfii*. *Carex juncella** cp, (vgl. S. 162), *C. microstachya** cp, (vgl. S. 181), *C. dioeca** sp, (vgl. S. 190), *Molinia coerulea**, (vgl. S. 77), *Luzula sudetica** pc, (vgl. S. 204); *Comarum palustre* cp, *Menyanthes*

*trifoliata** st cp, (vgl. S. 294), *Viola palustris* st cp, *Equisetum palustre* st cp, *Polygonum viviparum* st cp, *Rubus arcticus* sp, *Pedicularis palustris** sp, (vgl. S. 304).

Torf 0.5—0.6 m, Pal-T, darunter Eq-A-C-T. 0.15—0.20 m $H_3B_3F_0R_2V_0$; pH 3.45! 0.30—0.40 $H_5B_3F_0R_1V_1$.

Probefl. 46. Etwa 15 m von der vorigen Probefl. entfernt (höher oben). *Paludella*-Braunmoor. Q 1 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Paludella squarrosa* cpp, *Drepanocladus intermedius* cp, *D. revolvens* st cp, *Sphagnum Warnstorfii* st cp, *Aulacomnium palustre* st cp, *Mnium pseudopunctatum. Carex Goodenoughii** cp, (vgl. S. 159), *C. Persoonii* sp, *C. dioeca* pc, *Eriophorum latifolum* cp, *Eriophorum polystachyum* sp; *Comarum palustre* cp, *Menyanthes trifoliata** st cp, (vgl. S. 295), *Polygonum viviparum* cp, *Viola palustris** cp, (vgl. S. 255), *Drosera rotundifolia* cp, *Rubus arcticus* st cp, *Prunella vulgaris* pc, *Equisetum palustre** pc, (vgl. S. 53), *Pedicularis palustris** pc, (vgl. S. 303).

Torf 0.1—0.5 m, A-C-T. 0.2 m $H_4B_3F_0R_{2-3}V_2$; pH 5.50. Lage der Grundwasserfläche 2. VII. 1929 0.20 m.

Probefl. 47. Etwa 5 m von der vorigen Probefl. entfernt. Die Oberfläche etwas gegen den See geneigt. *Paludella*-Braunmoor. Q 2 m². Die ununterbrochene Moosschicht besteht aus *Drepanocladus intermedius* cpp, *D. revolvens* pc, *Sphagnum Warnstorfii* pc, *Acrocladium cuspidatum*, *Calliergon stramineum*, *C. giganteum. Carex Goodenoughii** cpp, (vgl. S. 159), *C. dioeca* cp, *C. irrigua** sp, (vgl. S. 124), *Eriophorum latifolium** cp, (vgl. S. 93), *E. alpinum** st cp, (vgl. S. 103), *Aera caespitosa** st cp, (vgl. S. 71), *A. flexuosa** sp, (vgl. S. 70), *Agrostis canina** sp, (vgl. S. 67), *Calamagrostis stricta** pc, (vgl. S. 69); *Equisetum palustre* cp, *Drosera rotundifolia** cp, (vgl. S. 233), *Comarum palustre** st cp, (vgl. S. 247), *Coralliorhiza innata* sp, *Viola palustris* pc, *Parnassia palustris** pc, (vgl. S. 237), *Melampyrum pratense** pc, (vgl. S. 302), *Rhinanthus minor** pc, (vgl. S. 301).

Torf 0.3—0.4 m. A-C-T. 0.1—0.2 m $H_{4-5}B_{3-4}F_0R_2(C,Eq)V_0$. Grundwasserstand 20. VI. 1929 0.15—0.20 m; 24. VIII. 1930 0.10 m.

Probefl. 48. Dasselbe *Paludella*-Braunmoor, etwa 1 m von der Probefl. 46 entfernt. Q 2 m². In der Moosschicht *Sphagnum Warnstorfii* cp, *Paludella squarrosa* st cp, *Meesea triquetra. Carex dioeca** cp, (vgl. S. 190), *C. Goodenoughii** st cp, (vgl. S. 158), *C. echinata* st cp, *C. irrigua* sp, *Eriophorum latifolium** sp, (vgl. S. 94), *Aera caespitosa** pc, (vgl. S. 72); *Polygonum viviparum* st cp, *Viola epipsila* st cp, *Equisetum palustre* sp, *Caltha palustris** sp, (vgl. S. 225), auch auf einer niedrigen Bülte), *Rubus arcticus* pc, *Drosera rotundifolia* pc, *Ulmaria pentapetala* pc, *Epilobium palustre** pc, (vgl. S. 257), *Trientalis europaea** st pc, (vgl. S. 287), *Ranunculus acer** pcc, (vgl. S. 229).

Torf 0.4 m. C-A-T und A-C-T; unten Steinboden. 0.10—0.15 m $H_3B_3F_0R_2V_0$; 0.30—0.40 m $H_4B_3F_0R_1V_1$. Grundwasser 17. VI. 1929 0.15—0.20 m.

Probefl. 49. Dasselbe Moor, ca. 50 m von der Probefl. 46 entfernt. In der Nähe der Probefl. offene Quellen. *Carex heleonastes*-Braunmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 131—132). Q 2 m². Die Moosdecke stellenweise dünn, unterbrochen, besteht aus *Sphagnum Warnstorfii* sp, *Paludella squarrosa* pc, *Philonotis fontana* sp, *Mnium pseudopunctatum*. *Carex heleonastes** cpp, (vgl. S. 174), *C. dioeca* sp, *C. Persoonii* pc; *Galium uliginosum* sp, *Polygonum viviparum* sp, *Drosera rotundifolia* sp, *Equisetum palustre* sp, *Comarum palustre* pc, *Rubus arcticus* pc, *Ulmaria pentapetala* pc, *Pinguicula vulgaris** pc, (vgl. S. 306), ausser der Probefl. st cp).

Torf 0.6—0.8 m, unten Steinb. A-C-T. 0.15—0.20 m $H_{2-3}B_3F_0R_3V_0$. Die Oberfläche eben, keine Bülten in der Nähe der Probefl.

Probefl. 50. Eine niedrige Braunmoorbülte ganz in der Nähe der Probefl. 45, nahe am Seeufer, am Rand des eigentlichen Moores. *Polytrichum commune* pc, *Hylocomium proliferum*, *Aulacomnium palustre*. *Carex caespitosa** cp, (vgl. S. 152), *C. dioeca* st cp, *C. echinata** sp. (vgl. S. 165), *C. globularis** pc, (vgl. S. 149), *C. sparsiflora** pc, (vgl. S. 144), *Molinia coerulea** sp, (vgl. S. 77), *Nardus stricta** pc, (vgl. S. 64), *Eriophorum latifolium** pc, (vgl. S. 93); *Comarum palustre** sp, (vgl. S. 248), *Rubus arcticus* pc, *Drosera rotundifolia* pc; *Cornus suecica* pc, *Angelica silvestris** pcc, (vgl. S. 259); *Cassandra calyculata* pc, *Myrtillus uliginosa* sp, *Oxycoccus microcarpus* pc.

Torf Po-T 0.2 m, unten A-C-T. Po-T $H_2B_2F_0R_1V_0$; A-C-T $H_2B_3F_0R_1V_0$.

Probefl. 51. In der Gegend des Sees Jormasjärvi, Sopasenlahti. Braunmoor. Q 4 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Drepanocladus intermedius* cp, *Sphagnum Warnstorfii*, *Paludella squarrosa*, *Campylium stellatum*, *Aulacomnium palustre;* stellenweise auf den kleinen Bülten *Sphagnum papillosum*, *Hylocomium proliferum*, *Pleurozium Schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*. *Carex heleonastes** cp, (vgl. S. 175), *C. dioeca* cp., *C. flava** st cp, (vgl. S. 138), *C. echinata* st cp, *C. Goodenoughii* sp, *Eriophorum polystachyum* pc; *Parnassia palustris** cp, (vgl. S. 236), *Polygonum viviparum* st cp, *Comarum palustre** pc, (vgl. S. 249).

Torf 0.4—0.7 m, unten Sand und Steinboden. A-C-T. 0.15—0.20 m $H_{5-6}B_{3-4}F_0R_2V_1$; pH 5.13.

Probefl. 52. Etwa 100 m von der vorigen Probefl. entfernt. *Amblystegium-Carex heleonastes*-Braunmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 131—132). 1 Q m². In der Moosschicht *Drepanocladus intermedius*, *Campylium stellatum*. *Carex heleonastes* st cp, *C. irrigua** sp, (vgl. S. 128), *C. chordorrhiza* sp, *C. rostrata** sp, (vgl. S. 119), *Eriophorum alpinum** cp, (vgl. S. 105), *E. polystachyum* pc.

Torf A-C-T. 0.3—0.4 m; unten Sandboden. 0.10—0.15 m $H_3B_3F_0R_2V_0$.

Probefl. 53. Dorf Mieslahti, ca. 2 km W von dem Haltepunkt Mieslahti nach Kiehimä, N von der Eisenbahn. Braunmoor, teilweise Braunmoor-Reisermoor (vgl. Cajander, 1913, S. 132—, und 176—). Es ist schwer, die Siedlung nach Cajanders System festzustel-

len. Q ca. 20 m². In der fast ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum subnitens, S. subsecundum, S. Warnstorfii, Paludella squarrosa, Catoscopium nigritum, Drepanocladus intermedius, Cinclidium stygium, Camptothecium trichoides, Meesea triquetra, Philonotis fontana* (die letztgenannte Art auf den nassesten Stellen). *Carex dioeca* cp, *C. echinata* cp, *C. Goodenoughii* cp, *C. heleonastes** st cp, (vgl. S. 173), *C. teretiuscula** sp, (vgl. S. 179), *Eriophorum latifolium* cp, *E. alpinum* sp, *Phragmites communis* st pc; *Caltha palustris** sp, (vgl. S. 225), *Saxifraga hirculus* pc.

Torf 1—2 m tief. S-A-C-T? Eine Bestimmung der Beschaffenheit nach dem Torfschema fehlt leider.

Probefl. 54. Eine grosse, ca. 0.5 m hohe *Sphagnum fuscum*-Bülte in der Nähe der vorigen Probefl. Braunmoor-Reisermoor. *Phragmites communis**, (vgl. S. 75), *Carex caespitosa**, (vgl. S. 152).

Torf S-T 0.5 m, darunter A-C-T. Lage der Grundwasserfläche 0.6 m. (19. VI. 1928).

Probefl. 55. Dorf Mieslahti, Pitkäperä, Moor Rytisuo. Rimpi-Braunmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 136—139). Q ca. 50 m². Auf dem Moor einige offene Quellen, die Moosschicht stellenweise schlecht entwickelt. Die Oberfläche etwas geneigt. Wo die Moosdecke reichlicher ist, besteht sie aus *Catoscopium nigritum* cpp, *Drepanocladus intermedius, Campylium stellatum* und *Paludella squarrosa*. Auf den nassesten Stellen *Scorpidium scorpioides, Calliergon Richardsonii* (um die Quellen), *Meesea triquetra* pcc. *Eriophorum latifolium* cp, *Carex dioeca* cp, *C. rostrata* st pc, *Eriophorum alpinum** st cp, (vgl. S. 105), *Scirpus caespitosus* st cp, *Orchis incarnatus* st cp, *Equisetum fluviatile* pc, *Drosera rotundifolia* pcc; *Galium palustre* pcc, *Selaginella* pc; *Oxycoccus microcarpus* pc, *Andromeda polifolia* pcc.

Torf 1 m. A-C-T. Eine Bestimmung des Torfschemas fehlt.

Probefl. 56. Etwa 1 km SW von dem Bauerngut Lontta, Moor Kotisuo oder Kannokkosuo. Rimpi-Braunmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 136—138), *Carex Oederi-Scirpus caespitosus*-Rimpi-Braunmoor. Q 4 m². In der unterbrochenen Moosschicht *Scorpidium scorpioides* cpp, *Drepanocladus intermedius, Campylium stellatum, Calliergon trifarium* pc, *C. Richardsonii, Sphagna* spärlich (*S. Warnstorfii, S. squarrosum, S. apiculatum, S. riparium*). *Scirpus caespitosus* cp, (vgl. S. 107), *Juncus stygius** cp, (vgl. S. 202), *Carex Oederi** cpp, (vgl. S. 141), *C. chordorrhiza* st cp, *C. Goodenoughii** sp, (vgl. S. 157), *C. echinata** pc, (vgl. S. 163), *C. filiformis** pc, (vgl. S. 123), *Rhynchospora alba** st cp, (vgl. S. 112), *Eriophorum latifolium* cp, *E. polystachyum* pc, *E. gracile** pc, (vgl. S. 101), *Agrostis canina** sp, (vgl. S. 66); *Drosera longifolia** st cp, (vgl. S. 236), *Galium palustre** sp, (vgl. S. 307), *Orchis incarnatus** sp, (vgl. S. 210), *Oxycoccus paluster** pc, (vgl. S. 280).

Torf 1 m. A-C-T. 0.1—0.2 m $H_3B_4F_0R_2V_0$. pH 5.10. Lage der Grundwasserfläche 0.15 m.

Probefl. 57. Ganz in der Nähe der vorigen Probefl. Ein mit Wasser

gefüllter Graben, Tiefe des Wassers 0.1 m. Die einzige Pflanze *Carex rostrata**, (vgl. S. 118).

Torf A-C-T. $H_{6-7}B_4F_0R_1V_0$.

Probefl. 58. Etwa 100 m von der Probefl. 56 entfernt. Rimpi-Braunmoor. Q 1 m². In der unterbrochenen Moosschicht *Drepanocladus revolvens, D. intermedius. Carex panicea** cp, (vgl. S. 147), *C. chordorrhiza* sp, *C. irrigua* pc, *C. pauciflora** pc, (vgl. S. 184), *Scirpus caespitosus* cp, *Eriophorum alpinum* st cp; *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 296).

Torf 1.5 m. A-C-T, unten Lehm. 0.15—0.15 m $H_3B_3F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 59. 10 m von der vorigen Probefl. entfernt. *Hypnum trichoides*-Braunmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 134—136). Q 1 m². *Camptothecium trichoides* cpp, *Drepanocladus intermedius* sp, *Campylium stellatum* sp, *Sphagnum*-Arten pc, *Carex chordorrhiza* cpp, *C. rostrata** cp, (vgl. S. 118), *C. irrigua** st cp, (vgl. S. 131), *C. dioeca** st cp, (vgl. S. 189), *C. juncella* pc, *Eriophorum polystachyum* sp; *Caltha palustris* pc, *Comarum palustre* pc.

Torf 0.5 m. A-C-T., unten Lehm und Sand. 0.15—0.20 m $H_2B_3F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 60. Etwa 20 m von der Probefl. 56 entfernt. Braunmoor. Q 1 m². Die Moosschicht fast ununterbrochen, aus *Drepanocladus intermedius, D. badius, Campylium stellatum, Calliergon giganteum* und einigen *Sphagna* bestehend. *Carex panicea** cp, (vgl. S. 146), *C. heleonastes** st cp, (vgl. S. 173), *C. dioeca* sp, *C. echinata* sp, *Eriophorum latifolium* cp, *Hierochloë odorata** sp, (vgl. S. 63), *Agrostis canina* sp, *Festuca rubra** pc, (vgl. S. 83); *Drosera longifolia* st cp.

Torf ca. 0.8 m, unten Lehm. 0.15 —0.20 m $H_3B_3F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 61. Braunmoorartige Torfbodenwiese am Rand desselben Braunmoores. Q 1 m². Moose sehr spärlich: *Campylium stellatum, Mnium* sp. *Carex canescens* cp, *C. Goodenoughii* cp, *C. rostrata* st cp, *C. heleonastes* pc, *Eriophorum polystachyum* pc, *Festuca rubra* st cp, *Agrostis vulgaris* sp, *Juncus filiformis** sp, (vgl. S. 199); *Equisetum palustre* st cp, *Pedicularis sceptrum** sp, (vgl. S. 305), *Menyanthes trifoliata* pc, *Galium uliginosum** pc, (vgl. S. 308).

Torf 0.10—0.15 m, darunter Sand mit Humus gemischt. $H_{3-4}B_{2-3}F_0R_2V_0$. pH 4.95.

Probefl. 62. Braunmoorartige Torfbodenwiese am Rand desselben Moores, aber der vorigen Probefl. gegenüber. Q 4 m². In der unterbrochenen und unebenen Moosdecke *Aulacomnium palustre, Sphagnum Warnstorfii, Pleurozium Schreberi, Hylocomium proliferum, Drepanocladus intermedius, Campylium stellatum. Carex Goodenoughii* cp, *Eriophorum latifolium* pc, *Juncus filiformis** pc, (vgl. S. 198); *Polygonum viviparum* st cp, *Pedicularis sceptrum** st cp, (vgl. S. 305), *Equisetum fluviatile* sp, *E. palustre* pc, *Pedicularis palustris* pc, *Crepis paludosa* pc, *Ulmaria pentapetala* pc, *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 295), *Parnassia palustris** sp, (vgl. S. 237), *Ranunculus acer* pcc, *Rhinanthus minor* pc.

Torf 0.3—0.4 m, A-C-T, darunter Sand; pH 4.95 (0.10—0.20 m).

Probefl. 63. Auf der N-Seite desselben Braunmoores. Braunmoor-Reisermoor (vgl. CAJANDER, 1913, S. 176—), Entwässerungsphase des Braunmoor-Reisermoores. Auf dem Moore fast ununterbrochene, nebeneinander liegende Bülten. Auf den Bülten *Sphagnum centrale* cp, *Polytrichum commune*, *Hylocomium proliferum*, *Cladonia rangiferina*. *Carex caespitosa** cp, (vgl. S. 153), *C. sparsiflora* st cp, *C. filiformis* sp, *Phragmites communis** st cp, (vgl. S. 73), *Molinia coerulea* sp, (vgl. S. 79); *Equisetum fluviatile* cpp, *E. palustre* cp, *Drosera rotundifolia* st cp, *Trientalis europaea* pc, *Orchis maculatus* pc, *Viola epipsila* pc, *Rubus chamaemorus* pc, *Selaginella selaginoides* pc; *Betula nana* cpp, *Juniperus communis* cp, *Ledum palustre* st cp, *Rhamnus frangula* st cp, (vgl. S. 253), *Oxycoccus paluster* st cp, *Myrtillus uliginosa* pc. Auf dem Moore um die Probefl. herum krüppelige, oft tote Kiefern, kleine Birken, einige Fichten, deren Zweige reichlich mit epiphytischen Alectorien überzogen.

Torf 1.5 m. Oberflächentorf S-T, unten M-C-S (eutroph.)-T. 1.0 m pH 5.60, $H_3B_3F_0R_{1-2}V_{1-2}$. Grundwasser 0.6—0.7 m.

Probefl. 64. Eine ca. 10 m von der vorigen Probefl. entfernte Bülte. Q 1 m. *Sphagnum Russowii*, *Polytrichum* sp, *Aulacomnium palustre*. *Carex dioeca* cp, (vgl. S. 191), *C. filiformis* cp, *C. sparsiflora* sp, *C. irrigua** pc, (vgl. S. 129), *Phragmites communis* pc; *Equisetum fluviatile* cpp, *E. palustre* st cp, *Rubus chamaemorus* sp; *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Rhamnus frangula*.

Torf (Eq-)S-C-T. 0.2—0.3 m $H_{2-3}B_{2-3}F_0R_{1-2}$ (C, Eq)V_1. Grundwasserstand 0.4 m.

Probefl. 65. Etwa 2 km N von der Stadt, W vom Wege der nach dem See Pyykösjärvi führt. Anmooriger Wald (Vesikangas-Wald) (vgl. CAJANDER, l. c. S. 147—148). Das Moor oft von Oberflächenwasser bedeckt. Waldbestand aus Kiefern, einigen Birken und Fichten. Bülten 50—60 %. Q ca. 4 m². In der Moosdecke vorherrschend *Polytrichum commune*, fleckenweise auftretend *Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Sphagnum acutifolium*, *S. magellanicum*, *Cladonia rangiferina*, *C. silvatica*. *Eriophorum vaginatum** cp, (vgl. S. 96), *Carex globularis* st cp, *C. Goodenoughii* sp, *C. echinata* pc, *C. irrigua* pc, *Juncus filiformis* sp; *Drosera rotundifolia* st cp; *Ledum palustre* cp, *Vaccinium vitis idaea* cp, *Empetrum nigrum* st cp, *Oxycoccus paluster* sp, *O. microcarpus** sp, (vgl. S. 281), *Myrtillus nigra* pc.

Torf. 0.2—0.4 m. (N-)C-S-T; stellenweise Po-S-T; $H_3B_3F_1R_{1-2}V_0$.

Probefl. 66. In der Gegend von Isoniemi, Meeresküste, sandiges Ufer. Die untersuchte Pflanze *Carex Goodenoughii**, (vgl. S. 160).

Probefl 67 Etwa 4 km NO von dem Gasthof Ukkola, S von der Landstrasse. Braunmoor, teilweise Rimpi-Braunmoor (vgl. CAJANDER, 1913, S. 136—). Bülten 20 %. Q 20 m². Auf dem Moor nur einige Bäume: kleine Fichten und Birken, einige kleine Kiefern. Die

nassesten Schlenken mit Wasser bedeckt. In den Schlenken *Drepanocladus badius*, *D. revolvens*, *D. intermedius*, *Scorpidium scorpioides* cp (auf den nassesten Stellen). *Carex Oederi** cpp, (vgl. S. 142), *C. chordorrhiza* sp, *C. limosa* st cp, *C. Goodenoughii* pc, *Eriophorum alpinum* cp, *E. polystachyum** sp, (vgl. S. 87), *E. latifolium** st cp, (vgl. S. 93); *Triglochin palustris* sp, *Orchis incarnatus* st cp, *Equisetum fluviatile* sp. Auf den Bülten, wo H_{1-2}, *Empetrum nigrum* st cp, *Vaccinium vitis idaea* sp, *Andromeda polifolia* st cp, *Calluna vulgaris* sp, *Oxycoccus microcarpus** st cp, (vgl. S. 281), auch in den trockneren Schlenken).

Torf über 1 m. A-C-T. 0.15—0.20 m $H_{3-4}B_{3-4}F_0R_{1-2}V_0$; pH 6.30.

Probefl. 68. Etwa 2 km SW von dem Bauerngut Lontta, Moor Hevoskorpi. Heidelbeerbruch (vgl. Cajander, l. c. S. 188—190), stellenweise besseres *Equisetum palustre*-Bruchmoor (Cajander, l. c. S. 193—194). Holzbestand: grosse Fichten mit beigemischten Birken. Q 25 m². In der fast ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum Girgensohnii*, *Polytrichum commune*, *Mnium Seligeri*, *Calliergon Richardsonii*, *Hylocomium proliferum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Drepanocladus intermedius* pc, *Campylium stellatum* pc, *Sphagnum centrale* pc. *Carex loliacea** cp, (vgl. S. 173), *C. canescens* st cp, *C. globularis* (auf den Bülten), *C. sparsiflora*, *Aera flexuosa* pc; *Equisetum palustre* st cp, *E. silvaticum* pc, *Trientalis europaea* sp, *Phegopteris dryopteris* sp, *Rubus chamaemorus* pc, *Melampyrum pratense* pc, *Galium palustre* pc; *Myrtillus nigra* cp, *M. uliginosa* pc, *Vaccinium vitis idaca* sp.

Torf 1—2 m. (M-)C-S-T? Torfschema leider nicht untersucht; B_3.

Probefl. 69. Moor Halkokorpi auf dem Gebiet des Bauerngutes Kanala. Multbeerbruch (vgl. Cajander, l. c. S. 190—191) am Rand eines grösseren Rosmarinkrautmoores. Q 4 m². Oberfläche uneben. In der ununterbrochenen Moosschicht *Polytrichum commune* cp, *Sphagnum Girgensohnii* cp, *S. angustifolium* pc, *S. acutifolium* pc, *Pleurozium Schreberi* pc. *Carex pauciflora* cp, *C. canescens* sp, *C. globularis* st cp; *Rubus chamaemorus** cp, (vgl. S. 245), *R. arcticus**, (vgl. S. 243), *Menyanthes trifoliata* sp; *Myrtillus uliginosa* st cp, *M. nigra* sp, *Betula nana** sp, (vgl. S. 221), *Empetrum nigrum* pc, *Cassandra calyculata* pc, *Oxycoccus paluster* pc, *Calluna vulgaris** pc, (vgl. S. 284).

Torf 1.5—2 m. Po-S-T. 0.2—0.3 m $H_5B_3F_0R_1V_1$. Grundwasserstand 0.1 m.

Probefl. 70. Eine nasse Schlenke am Rand des vorigen Multbeerbruches. Q 1 m². In der ebenen Moosdecke *Sphagnum magellanicum*, *S. papillosum*, *S. apiculatum*. *Carex pauciflora** st cp, (vgl. S. 183), *C. echinata** pc, (vgl. S. 161).

Torf 1.5 m. S-T. 0.10—0.15 m $H_4B_3F_0R_1V_0$.

Probefl. 71. Etwa 50 m von der Probefl. 69 entfernt. *Eriophorum alpinum*-Torfschlammmoor? (vgl. Cajander, 1913, S. 121—). Es ist jedoch schwer, das Moor in Cajanders System einzureihen. Die Moosdecke ist grösstenteils verschwunden. Q 4 m². *Eriophorum alpinum* cp, (vgl. S. 102), *E. polystachyum* sp, (vgl. S. 85).

Torf ca. 1 m. Po-T. 0.10—0.15 m $H_{5-6}B_2F_0R_1V_1$.

Probefl. 72. Dorf Mieslahti, in der Gegend von Pitkäperä, unweit des kleinen Baches Kylmänpuro, am Rand eines Braunmoores. Die Oberfläche uneben, die Bülten jedoch niedrig. Braunmoorbruch? (vgl. CAJANDER, l. c. S. 207—208). Holzbestand von Fichten und Birken. Q 2 m². *Sphagnum Warnstorfii* cp, *Aulacomnium palustre* st cp, *Paludella squarrosa* sp, *Camptothecium trichoides* sp, *Polytrichum commune*, *Pleurozium Schreberi*. *Daphne mezereum**, (vgl. S. 256).

Torf S-C-A-T. 0.15—0.20 m $H_3B_3F_0R_2V_0$.

Probefl. 73. Etwa $^1/_2$ km SE von dem Bauerngut Hepolehto, eine Senkung zwischen den Bergen, Vuokatti. Multbeerbruch (vgl. CAJANDER, l. c. 190—191), teilweise Farnbruch (CAJANDER, l. c. 195—196). Q 25 m². In der etwas unterbrochenen Moosschicht *Sphagnum Girgensohnii*, *S. Russowii*, *Polytrichum commune*, stellenweise *Mnium punctatum*, *Calliergon giganteum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*. *Carex loliacea* sp, *C. sparsiflora* pc; *Onoclea struthiopteris* (stellenw. cpp), (ausser der Probefl. *Athyrium filix femina* cp, *Polystichum spinulosum* cp), *Caltha palustris** st cp, (vgl. S. 226), *Comarum palustre* st cp, *Equisetum palustre* sp, *Ranunculus repens** pc, (vgl. S. 231), *Menyanthes trifoliata* pc.

Torf (M)-C-S-T. 0.15—0.20 m $H_{7-8}B_3F_0R_1V_1$. Grundwasserstand 0.2 m.

Probefl. 74. Höher hinauf am Rand eines kleinen, geneigten Braunmoores etwas südlicher als die vorige Probefläche. Braunmoorbruch (vgl. CAJANDER, l. c. S. 207—208) oder hainartiger Bruchwald (CAJANDER, S. 181—). Q 10 m². In der Moosschicht *Polytrichum commune*, *Aulacomnium palustre*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Helodium lanatum*, *Hylocomium proliferum*, *Climacium dendroides*. *Melica nutans* st cp, *Milium effusum* sp, *Carex digitata* sp; *Cypripedilum calceolus** cp, (vgl. S. 220), *Platantera bifolia** st cp, (vgl. S. 213), *Actaea spicata* sp, *Selaginella selaginoides* sp, *Paris quadrifolius* pc, *Athyrium crenatum* pc, *A. filix femina* pc, *Polystichum dilatatum*; *Daphne mezereum* sp.

Torfschicht dünn, mit Sand gemischt. 0.10—0.15 m $H_4B_2F_0R_2V_2$; pH 7.10.

Probefl. 75. Etwa 20 m von der vorigen Probefl. abwärts, auf einem kleinen baumlosen, etwas abfallenden, von Quellwasser hervorgerufenen Braunmoor. *Hypnum trichoides*-Braunmoor (vgl. CAJANDER, 1913, S. 131—136). Oberfläche eben. Q 1 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Camptothecium trichoides* cpp, *Sphagnum Warnstorfii* sp, *Mnium cinclidioides* pc, *Bryum ventricosum* pc, *Paludella squarrosa* pc. *Carex dioeca* cp, *C. heleonastes* st cp, *C. irrigua** st cp, (vgl. S. 128), *C. sparsiflora* sp, *C. caespitosa* pc, *Eriophorum latifolium** st cp, (vgl. S. 93), *Orchis maculatus** st cp, (vgl. S. 209), *Paris quadrifolius* sp, *Ulmaria pentapetala* sp, *Crepis paludosa* sp, *Angelica silvestris* pc, *Equisetum silvaticum* pc.

Torf 0.6 m. A-C-T. 0.15—0.20 m $H_{3-4}B_3F_0R_2V_0$. Grundwasserstand 0.15 m.

Probefl. 76. In der Nähe der vorigen Probefl., etwa 10 m höher. *Hypnum trichoides*-Braunmoor. Q 1 m². Die ununterbrochene Moosdecke besteht aus *Camptothecium trichoides, Drepanocladus intermedius, D. revolvens, D. badius* und *Philonotis fontana. Eriophorum callitrix** cp, (vgl. S. 100), *E. polystachyum** pc, (vgl. S. 88); *Polygonum viviparum* cp, *Crepis paludosa** st cp, (vgl. S. 312), *Equisetum silvaticum* st cp.

Torf 0.6 m. A-T. 0.2 m $H_4B_{3-4}F_0R_2V_0$. pH 7.34.

Probefl. 77. Etwa 10 m von der vorigen Probefl. entfernt. Eine Braunmoor-Bülte. Q 1 m². *Pleurozium Schreberi; Carex sparsiflora** st cp, (vgl. S. 115).

Torf A-C-T. 0.2 m $H_2B_3F_0R_1V_0$.

Probefl. 78. Etwa 100 m. von der Probefl. 73 entfernt. Ein baumloses Grosssseggen-Weissmoor ohne Bülten (vgl. Cajander, l. c. S. 103), *Carex limosa-C. chordorrhiza*-Weissmoor. In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum angustifolium, S. magellanicum, S. riparium, Aulacomnium palustre, Calliergon stramineum, Drepanocladus exannulatus. Carex limosa** cp, (vgl. S. 135), *C. chordorrhiza** st cp, (vgl. S. 178), *C. pauciflora* st cp, *Eriophorum vaginatum** st cp, (vgl. S. 99); *Scheuchzeria palustris** cp, (vgl. S. 60), *Menyanthes trifoliata* st cp, *Rubus chamaemorus* sp, *Drosera rotundifolia* st cp, *Equisetum palustre* st cp; *Oxycoccus paluster* sp, *O. microcarpus** sp, (vgl. S. 282), *Betula nana** cp, (vgl. S. 222) (kleine, ganz niedrige).

Torf S-C-T, über 1 m. 0.2—0.3 m $H_{1-2}B_3F_1R_2V_0$. Grundwasserstand 0.20 m.

Probefl. 79. Am Rand einer angebauten Moorwiese, etwa ½ km von dem Bauerngut Sormula. Es ist schwer, die Siedlung in Cajanders System einzureihen. Q 4 m². In der unterbrochenen Moosschicht *Sphagnum magellanicum, S. acutifolium, Polytrichum commune, Drepanocladus fluitans* (in einer mit Wasser gefüllten Grube). *Carex canescens* cp *C. echinata, C. irrigua, Eriophorum polystachyum, Juncus filiformis** cp, (vgl. S. 198); *Sparganium minimum.*

Torf 0.1—0.2 m S-C-T, unten mit Sand gemischter Lehm.

Probefl. 80. In der Gegend von Jäätiönlahti, Grasbruch in einer abschüssigen Senke (vgl. Cajander, 1913, S. 196—199), *Galium palustre-Viola palustris*-Bruch. Q 1 m². In der fast ununterbrochenen Moosdecke *Sphagnum squarrosum, S. riparium, Mnium cinclidioides. Galium palustre** cp, (vgl. S. 306), *Viola palustris** cp, (vgl. S. 251), *Montia lamprosperma** st cp, (vgl. S. 223) *Epilobium palustre* sp.

Torf S-T. 0.4—0.5 m. (B_3).

Probefl. 81. See Jormasjärvi, Pohjaslahti. Sandiges Seeufer. Untersuchte Pflanzen: *Juncus filiformis* und *Carex Goodenoughii.*

Probefl. 82. Derselbe See, Insel Koirisaari. Steiniges Ufer. *Parnassia palustris* sp, *Molinia coerulea** sp, (vgl. S. 79), *Eriophorum alpinum* sp, *Pinguicula vulgaris* pc.

Die Humusschicht 2—3 cm, stellenweise zwischen den Steinen etwas dicker. Die Steine von verschiedener Grösse, unter den Steinen Sand.

Probefl. 83. Derselbe See, Insel Kohvori. Serpentinfelsen am Seeufer. In den kleinen Vertiefungen auf dem Felsen *Parnassia palustris**, (vgl. S. 238), *Molinia coerulea**, (vgl. S. 80), *Pinguicula vulgaris*.

Probefl. 84. Etwa 2 km N von dem Bauerngut Kanala, E von der Landstrasse. Ein ausgedehntes Moor, auf dem verschiedene Moortypen vorkommen, z. B. verschiedene Rosmarinkrautmoore, Heidemoore, Seggenreisermoore, Seggenweissmoore usw. Kurzhalmiges Weissmoor (vgl. Cajander, l. c. S. 104—105), Oberfläche etwas uneben mit ganz niedrigen Bülten. Q 10 m². Die ununterbrochene Moosschicht besteht aus *Sphagnum magellanicum* und *S. angustifolium*. *Carex pauciflora** cp, (vgl. S 185), *C. chordorrhiza* sp, *Eriophorum vaginatum* st cp; *Rubus chamaemorus** cp, (vgl. S. 215); *Oxycoccus microcarpus** st cp, (vgl. S. 281).

Torf 0.4—0.5 m S-T; unten mit Sand gemischter Lehm. 0.1—0.2 m $H_2B_3F_1R_1V_0$, 0.4—0.5 m $H_4B_4F_1R_1V_1$. Grundwasserfläche 0.3—0.4 m.

Probefl. 85. Eine Bülte etwa 30 m von der vorigen Probefl. entfernt. *Sphagnum fuscum*-Reisermoor (vgl. Cajander, l. c. S. 165—168). In der ununterbrochenen Moosschicht fast ausschliesslich *Sphagnum fuscum*, stellenweise *S. magellanicum*, *Polytrichum strictum*. *Eriophorum vaginatum** cp, (vgl. S. 97); *Cassandra calyculata* st cp, *Betula nana** st cp, (vgl. S. 222), *Andromeda polifolia* sp, *Oxycoccus paluster* sp, *O. microcarpus* pc, *Empetrum nigrum* pc.

Torf N-S-T. 0.9 m, darunter Sand. 0.1—0.2 m $H_2B_2F_2R_2V_0$; 0.7—0.8 m $H_1B_2F_2R_1V_0$.

Probefl. 86. Etwa 20 m von der Probefl. 84 entfernt. *Scheuchzeria*-Kolkmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 115—116), besser Scheuchzeria palustris-Sphagnum balticum-Ass (vgl. Warén, 1926, S. 42) oder »Scheuchzeria-reiches Cuspidatum-Moor» (vgl. Melin, 1917, S. 102). Q 4 m². Die Moosdecke ununterbrochen, *Sphagnum balticum* cpp, *S. magellanicum* st cp. *Eriophorum vaginatum** st cp, (vgl. S. 98), *Carex irrigua* sp, *C. pauciflora** st cp, (vgl. S. 185); *Scheuchzeria palustris** cp, (vgl. S. 61), *Melampyrum pratense* (ausser der Probefl. in *S. magellanicum*); *Andromeda polifolia* pc.

Torf 0.6—0.7 m S-T. 0.2 m $H_{1-2}B_{3-4}F_2R_{1-2}V_0$; pH 6.00.

Probefl. 87. Etwa 50 m von der vorigen Probefl. entfernt, am Rande des Moores. Rosmarinkrautmoor (vgl. Cajander, 1923, S. 155—), Oberfläche etwas uneben, die *Sphagnum magellanicum*-Bülten jedoch klein und niedrig. Q 4 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum angustifolium*, *S. magellanicum*. *Carex pauciflora**

st cp (vgl. S 185), *Eriophorum vaginatum* sp; *Melampyrum pratense** cp, (vgl. S. 302), *Rubus chamaemorus* st cp, *Orchis maculatus** pc, (vgl. S. 209); *Ledum palustre* cp, *Myrtillus nigra* st cp, *Oxycoccus paluster* cp, *O. microcarpus* *sp, (vgl. S. 281), *Calluna vulgaris* pc, *Empetrum nigrum* st cp, *Myrtillus uliginosa* pc.

Torf N-S-T. 0.20-0.25 m $H_2B_3F_0R_2V_1$.

Probefl. 88. Ein ausgedehntes Moor Veneheitonsuo zwischen den Flüssen Mustijoki und Talvijoki, etwa 1 ½ km W von dem Flusse Mustijoki. *Scirpus caespitosus-Sphagnum tenellum*-Ass. Kommt den Kolkmooren (Cajander, 1913, S. 113—115), den Sphagnum tenellum-reichen Siedlungen (vgl. Warén, 1926, S. 79) oder den Cuspidatum-Mooren von Melin (1917, S. 98) nahe. Nach Warén (l.c. S. 118—119) ist die Scirpus caespitosus-Sphagnum tenellum-Assoziation nur in Schweden als dominierend angegeben. Die Oberfläche stellenweise etwas uneben. Q 4 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum tenellum* cpp, stellenweise *S. magellanicum*. *Scirpus caespitosus* *cpp, (vgl. S. 108), (Bülten bildend), *Eriophorum vaginatum* st cp; *Rubus chamaemorus* cp,; *Myrtillus uliginosa* pc, *Empetrum nigrum* pc, *Calluna vulgaris** pc, (vgl. S. 284).

Torf über 1 m. S-T. 0.15—0.20 m $H_{2-3}B_{3-4}F_{1-2}R_{1-2}V_0$; pH 3.22.

Probefl. 89. Etwa 100 m N von der vorigen Probefl. entfernt. *Scirpus caespitosus-Sphagnum tenellum*-Ass. Q 1 m². In der ununterbrochenen Moosschicht *Sphagnum tenellum* cpp, *S. magellanicum* st cp. *Scirpus caespitosus** cp, (vgl. S. 110), *Carex pauciflora** cp, (vgl. S. 185), *C. irrigua** sp, (vgl. S. 129), *Eriophorum vaginatum* pc.

Torf 0.7 m. C-S-T. 0.2 m $H_2B_3F_1R_{1-2}V_0$. Keine Bülten auf der Probefl.

Probefl. 90. Die gemeinsame Kahnlandungsstelle des Dorfes Tuhkakylä, am Ufer des Sees Jormasjärvi. Bültenreiches Reisermoor mit ziemlich gutgewachsenen oder mittelgrossen Kiefern und einigen Fichten. Es ist schwer, die Siedlung nach Cajanders System zu bestimmen. Q 1 m². *Polytrichum strictum* cp, *P. commune*, *Sphagnum magellanicum* (auf den Bülten), *S. angustifolium* (in den kleinen Schlenken). *Carex pauciflora** st cp, (vgl. S. 185), *C. echinata** pc, (vgl. S. 161), *C. canescens* pc; *Rubus chamaemorus* pc; *Oxycoccus paluster* cp, *Myrtillus uliginosa* st cp.

Torf Po-S-T. 0.10 –0.15 m $H_{1-2}B_3F_0R_1V_1$.

Probefl. 91. In der Gegend des Sees Nuasjärvi, Takalahti. Auf einem mit Fichten bewachsenen Abhang, Bruchmoor, das teilweise Farnbruch, teilweise Kraut- und Grasbruch darstellt (vgl. Cajander, 1913, S. 195—199). Der Holzbestand, Fichten, Birken und einige *Salix*-Arten, ist gut gewachsen. Die Moosdecke, stellenweise unterbrochen, besteht aus *Sphagnum Girgensohnii*, *S. squarrosum*, *Pleurozium Schreberi* (um die Bäumen), *Hylocomium parietinum*.

Carex canescens sp, *C. echinata* st cp, *C. sparsiflora* pc, *Calamagrostis phragmitoides* sp, *Agrostis vulgaris* pc; *Caltha palustris** st cp, (vgl. S. 226), *Parnassia palustris** sp, (vgl. S. 238), *Galium palustre* pc, *Athyrium filix mas* st cp, *A. crenatum* (ausserhalb der Probefl.).

Torf 0.2—0.4 m. C-S-T. 0.15—0.20 m $H_3B_3F_0R_{1-2}V_0$.

Probefl. 92. Etwa $^1/_2$ km E von der Volksschule, S von der Landstrasse. Reisermoor mit niedrigen Bülten. Die Siedlung ist schwer in Cajanders System einzureihen. Eine kleine Schlenke. Q 1 m². Die Moosdecke unterbrochen, stellenweise fast völlig denudiert. *Sphagnum riparium*, *Calliergon stramineum*. *Eriophorum polystachyum** cp, (vgl. 88), *Carex canescens* cp.

Torf 0.4—0.5 m. S-T. 0.15—0.20 m $H_{8-9}B_3F_0R_1V_0$.

Probefl. 93. Dasselbe Moor, eine niedrige, ca. 0.2 m hohe Bülte. In der Moosdecke *Sphagnum Russowii*, *Polytrichum*, *Drepanocladus exannulatus*. *Carex irrigua** st cp, (vgl. S. 129); *Rubus chamaemorus** st cp, (vgl. S. 246); *Myrtillus uliginosa* sp.

Torf 0.7 m. S-T. 0.2 m $H_1B_{2-3}F_0R_{1-2}V_0$. Grundwasserstand 0.4 m.

Probefl. 94. Etwa 1 km SE von der vorigen Probefl. entfernt, auf dem Gebiet des Bauerngutes Penttilä. Grossseggenweissmoor, das dem *Carex limosa*-Weissmoor (vgl. Cajander, 1913, S. 103) nahekommt. Bei Warén gehören derartige Siedlungen zu der Assoziation *Eriophorum vaginatum-Carex irrigua-Sphagnum apiculatum* (l.c. 1926, S. 38) (*Sphagnum apiculatum*-reiche Siedlungen). Q 2 m². In der fast ununterbrochenen Moosdecke *Sphagnum apiculatum* cpp, *S. Dusenii* sp, *S. acutifolium* pc, *S. cuspidatum* pc, *Calliergon stramineum* sp, *Drepanocladus exannulatus* pc. *Carex limosa** cpp, (vgl. S. 135), *C. canescens* cp, *C. irrigua* cp, *Eriophorum vaginatum** st cp, (vgl. S. 99), *E. polystachyum* pc; *Menyanthes trifoliata** pc, (vgl. S. 294); *Oxycoccus paluster** sp, (vgl. S. 280), *Ledum palustre* sp, *Andromeda polifolia* pc, *Betula nana* (ausserhalb der Probefl. cp).

Torf 0.4—0.6 m. C-S-T. 0.10—0.15 m $H_{4-5}B_{3-4}F_1R_{1-2}V_1$; pH 4.05.

Probefl. 95. Ganz in der Nähe der vorigen Probefl., eine kleine nasse Schlenke. Q $^1/_2$ m². In der unvollständigen Moosdecke *Sphagnum cuspidatum*, *Drepanocladus exannulatus*, *D. fluitans*, *Sphagnum apiculatum* pcc. Die Assoziation kommt den *Carex limosa*-Weissmooren Cajanders nahe. *Carex limosa** cp, (vgl. S. 136), *C. Goodenoughii* sp, *Eriophorum polystachyum** sp, (vgl. S. 89), *E. vaginatum* pc.

Torf 0.4—0.6 m; 0.10—0.20 m C-S-T, unter C-T. 0.10-0.15 m $H_{3-4}B_4F_1R_2V_{1-2}$.

Probefl. 96. Eine niedrige, 0.5 m hohe Bülte ganz nahe der vorigen Probefl. Die Moosdecke besteht aus *Sphagnum magellanicum*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum papillosum*, *S. apiculatum*. *Eriophorum vaginatum* cp, *Carex limosa* st cp, *C. irrigua** sp, (vgl. S. 128), *C. canescens* pc; *Betula nana** cp, (vgl. S. 221), *Oxycoccus paluster* st cp, *Andromeda polifolia* sp, *Cassandra calyculata* sp.

Torf 0.9 m. N-S-T. 0.15—0.20 m $H_{3-4}B_3F_1R_{1-2}V_0$. Unter dem S-T C-S-T.

Probefl. 97. In der Gegend des Sees Nuasjärvi, bei Haapaniemi, Takalahti. Braunmoor-Reisermoor (vgl. Cajander, 1913, S. 176—179), das gegen das Ufer abfällt. Die Braunmoorpartien vorzugsweise in der Mitte des Moores; am Rande Reisermoorbülten 70%, in der Mitte 20% Bülten. In der Moosdecke der Bülten *Sphagnum fuscum* cpp, *Polytrichum strictum*, *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum Warnstorfii* pc, *Cladonia rangiferina*. *Eriophorum latifolium** st cp, (vgl. S. 92), *Molinia coerulea** sp, (vgl. S. 78), *Calamagrostis* ?, *Carex dioeca* sp, *Scirpus caespitosus** sp, (vgl. S. 110), *Carex Goodenoughii* pc; *Menyanthes trifoliata* st cp, *Drosera rotundifolia*, st cp, *Rubus chamaemorus* sp, *R. saxatilis* pc, *Majanthemum bifolium* pc, *Melampyrum pratense* pc; *Oxycoccus paluster* st cp, *O. microcarpus* sp, *Empetrum nigrum* st cp, *Myrtillus nigra* sp, *Vaccinium vitis idaea* sp.

Torfschicht 0.9—1.0 m. bis 0.25 m S-T, unten A-C-T. 0.10—0.15 m $H_1B_3F_0R_{1-2}V_1$; 0.25—0.30 m $H_2B_3F_0R_1V_1$. 0.15—0.20 m pH 5.00. 0.5—0.6 m pH 6.10. Grundwasserstand 0.35 m.

Probefl. 98. Dasselbe Moor, der Braunmoorteil. Langsam fliessendes Wasser. Q ca. 20 m². Die Moosdecke meistenteils ununterbrochen, nur stellenweise denudiert. *Drepanocladus badius* cp, *D. revolvens*, *D. intermedius*, *Campylium stellatum*, *Paludella squarrosa*, *Scorpidium scorpioides* (auf den nassesten Stellen), *Camptothecium trichoides* pc, *Sphagnum Warnstorfii*, *S. subnitens*, *Calliergon stramineum*. *Carex flava** cp, (vgl. S. 140), *C. filiformis** cp, (vgl. S. 122), *C. echinata** cp, (vgl. S. 161), *C. dioeca* st cp, *C. Goodenoughii* sp, *C. chordorrhiza* sp, *C. canescens* pc, *C. rostrata* pc, *Eriophorum latifolium** cp, (vgl. S. 91), *E. polystachyum** sp, (vgl. S. 87), *E. alpinum* sp, *Juncus stygius* st cp, (vgl. S. 202), *Scirpus caespitosus** sp, (vgl. S. 110), *Orchis incarnatus** cp, (vgl. S. 210), *O. Traunsteineri** sp, (vgl. S. 211), *Drosera longifolia* cp, *Menyanthes trifoliata** sp, (vgl. S. 295), *Equisetum palustre* sp, *Parnassia palustris* pc.

Torf 0.4—0.5 m. A-C-T, unten Steinboden. 0.15—0.20 m $H_3B_4F_0R_2V_{1-2}$. pH 5.9. Grundwasserstand 0.15—0.20 m.

Juncus stygius wächst vorzugsweise auf Stellen, wo die Moosdecke fast denudiert ist; $H_5B_4F_0R_1V_1$ (0.10 m).

Probefl. 99. Villa Päiväranta. Ein Spanhaufen in der Nähe des Gebäudes. Untersuchte Pflanze *Trientalis europaea** (vgl. S. 288).

Probefl. 100. Villa Jormala. Dünntorfiger Rasenplatz. Untersuchte Pflanzen: *Rubus articus**, (vgl. S. 241), *Luzula multiflora**, (vgl. S. 203), *Ulmaria pentapetala**, (vgl. S. 241).

Probefl. 101. Am Ufer des Sees Jormasjärvi, Sopasenlahti. Steiniger und sandiger Seeboden. Untersuchte Pflanze: *Phragmites communis**, (vgl. S. 75).

Probefl. 102. Dieselbe Gegend, etwas höher hinauf am Strande,

im Sand. Untersuchte Pflanzen: *Juncus filiformis**, (vgl. S. 200), *Equisetum palustre**, (vgl. S. 54).

Probefl. 103. Eine verfaulte Birkenstubbe in der Nähe der Probefl. 45 auf dem Braunmoor. Untersuchte Pflanze: *Rubus arcticus**, (vgl. S. 242).

Probefl. 104. Modriges Flussufer am E-Ufer des Flusses Mustijoki. Die Moosdecke fehlt vollständig. Untersuchte Pflanze: *Carex aquatilis** (vgl. S. 151).

Probefl. 105. Jäätiä, auf dem Gebiet des Bauerngutes Lahdenperä, in der Nähe des Sees Nuasjärvi. Etwa 100 m von der Probefl. 80 entfernt. Bültenreiches Reisermoor, wo der Holzbestand auf den Bülten aus Kiefern, Birken, einigen Fichten und Wacholdern besteht. Q ca. 20 m². *Carex limosa* cp, *C. irrigua*, *C. canescens*, *C. Goodenoughii*, *C. chordorrhiza**, (vgl. S. 176), *C. echinata*; *Menyanthes trifoliata*, *Drosera rotundifolia*, *Comarum palustre*, *Pedicularis palustris*, *Myosotis palustris**, (vgl. S. 298), *Calla palustris**, (vgl. S. 195) (in einem Graben mit fliessendem Wasser); *Oxycoccus paluster*. Dicke des Torfes wechselnd, von 0.3 bis 1.0 m. Die Torfart ununtersucht.

Probefl. 106. Dieselbe Gegend. Torfbodenwiese am Seeufer. Q 2 m². Untersuchte Pflanze: *Carex rostrata**, (vgl. S. 117). Torfschicht 0.1—0.2 m, darunter Sand.

Probefl. 107. Villa Jormala. Sandiges und steiniges Seeufer. Untersuchte Pflanze: *Molinia coerulea**, (vgl. S. 81), die hohe Bülten zwischen grossen Steinen bildet. Torf mit Sand und Steinen gemischt.

Probefl. 108. Auf dem Gebiet des Bauerngutes Kanala, »takapelto». Dünntorfige Wiese, ziemlich harter Boden, mit Sand gemischter Humus. Untersuchte Pflanzen: *Ranunculus acer**, (vgl. S. 229), *Rubus arcticus**, (vgl. S. 244).

Probefl. 109 Ganz in der Nähe der Probefl. 65, W vom Wege, der nach dem See Pyyköjärvi führt. Anmooriger Wald (vgl. Cajander, 1913, S. 147—148). Eine 0.4 m hohe Bülte. Q 1 m². In der Moosdecke *Pleurozium Schreberi* cpp, *Polytrichum commune* sp, *Hylocomium parietinum* pc. *Carex caespitosa** cp, (vgl. S. 153), *C. globularis* pc; *Empetrum nigrum* cp, *Myrtillus nigra* st cp, *M. uliginosa* sp, *Vaccinium vitis idaea* pc.

Torf 0.5—0.6 m. Po-C-T. 0.25—0.30 m $H_{3-4}B_{2-3}F_0R_2V_0$.

IV. EINZELBESCHREIBUNGEN DES WURZELSYSTEMS DER MOORPFLANZEN.

Im Folgenden werden für jede in dieser Untersuchung vorkommende Moorpflanzenart zunächst die aus der Literatur erhaltenen Angaben über die unterirdischen Teile — Rhizome und Wurzeln — der betreffenden Art mitgeteilt. Danach bringe ich meine eigenen Beobachtungen über die auf verschiedenen Probeflächen untersuchten Individuen, und schliesslich folgt eine kurze Zusammenfassung über das Wurzelsystem (einschl. der Rhizome) der Arten, die auf den verschiedenen Probeflächen untersucht worden sind. Ausser der Nummer der Probefläche, die sich auf die betreffende Seite in dem III Kapitel »Probeflächenbeschreibungen» bezieht, wird der Moortyp, zu welchem die Probeflächen gehören, für sich erwähnt. Ferner habe ich das Datum der Untersuchungen und die Zahl der auf jeder Probefläche untersuchten Individuen angegeben.

Equisetum palustre L.

Literaturangaben: Nach Olivier (1880, S. 63) sind die Wurzeln sehr klein, und die Pflanze ist mit einem langen Rhizom versehen. Nach Höveler (1892, S. 303) besitzen die Equiseten unverpilzte Wurzeln. Nach Stahl (1900, S. 551) keine Spur von Verpilzung. Nach Mela-Cajander (1906, S. 14, 16) ist das Rhizom gewöhnlich schwarz, sehr verzweigt.

Probefl. 46. (Braunmoor; S. 40). 2. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom kriecht und verzweigt sich im A-C-Torf in einer Tiefe von ca. 20—30 cm, fast wagerecht, und aus ihm steigen aufrechte Sposse aufwärts.

Die Wurzeln gehen von den Knoten des Rhizoms aus und erstrecken sich radiär nach verschiedenen Richtungen in den Torf; sie sind kurz, beinahe schwarz, wenig verzweigt. Länge 2—6 cm. Lebende Wurzeln finden sich am zahlreichsten in einer Tiefe von 5—10 und 10—20 cm, seltener in einer Tiefe von 20—30 cm.

Probefl. 102. (Sandiges Seeufer; S. 50) 22. VII. 1929 (2 Indiv.).

Rhizom schwarz, wagerecht, 15—20 cm tief im Sande. Von ihm aus steigen Zweige gerade aufwärts. Dicke des Rhizoms 1.8—2.0 mm. Länge der Internodien 1.7—2.0 cm. Im Rhizom finden sich 6 grosse periphere Lufthöhlen, in der Mitte 6 kleine Hohlräume. (Fig. 3).

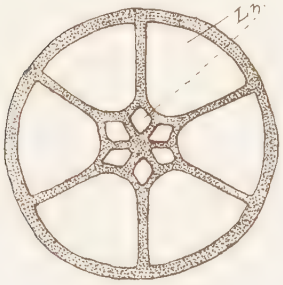


Fig. 3. *Equisetum palustre*. Querschnitt des Rhizoms.

Wurzeln. Aus den Knoten des Rhizoms, sowohl aus seinem wagerechten als seinem senkrechten Teil erstrecken sich radiär nach verschiedenen Seiten 5—7 schwarze Wurzeln, deren Länge zwischen 1.5—6 cm schwankt. Die Wurzeln I. Ordn. sind 0.31—0.37 mm, der Zentralzylinder 0.07 mm dick. Epidermiszellen gross; Wurzelhaare ungemein reichlich, Länge derselben 0.74—1.24 mm. In der Innenrinde 6 grosse Lufthöhlen. Die oberen Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt. Verzweigte Wurzeln I. Ordn. gehen von dem Basalteil des aufwärts steigenden Rhizoms aus. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5 –1.0 cm; Dicke 0.20 –0.31 mm.

Equisetum fluviatile L.

Literaturangaben: Höveler (1892) und Stahl (1900), siehe die vorige Art. Nach Mela-Cajander (1906, S. 14, 17) ist das Rhizom gewöhnlich schwarz, sehr verzweigt. Nach Kotilainen (1927, S. 76) fungieren die Hohlräume der Internodien als für die unterirdischen Pflanzenteile notwendige Luftreservoire. Die Art kann lebende Pflanzenteile tiefer unten im Torfboden als irgendeine andere Moorpflanze *Phragmites* ausgenommen — haben.

Probefl. 3 (Seggenweissmoor; S. 30). 22. VII. 1929 (2 Indiv.) und 26. VIII. 1930 (2 Indiv.).

Das Rhizom wächst wagerecht im C-Torf in einer Tiefe von 30—40 cm und entsendet Zweige mit oberirdischen Stengeln nach oben; noch 30—40 cm tief finden sich lebende Teile des verzweigten Rhizoms. (Fig. 4).

Wurzeln. Lebende Wurzeln kommen in einer Tiefe von 30—40 cm vor; die meisten 40—50 cm unterhalb der Oberfläche

Fig. 4. *Equisetum fluviatile.* Ein Teil des Rhizoms. Probefl. 3. 22. VII. 1929.

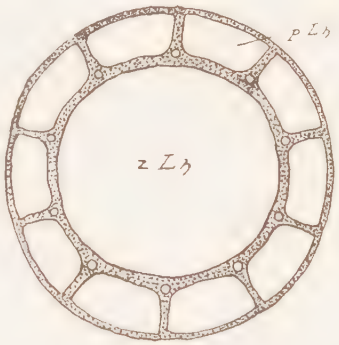


Fig. 5. *Equisetum fluviatile.* Rhizom. Querschnitt.

befindlichen Wurzeln sind abgestorben. Die Wurzeln gehen radiär nach verschiedenen Richtungen von den Knoten aus, je 12—25 St. von jedem Knoten. Die Wurzeln sind grösstenteils unverzweigt, Länge 2—4 cm, Dicke 0.25—0.32 mm. Die Wurzeln sind ungemein reichlich mit gelblichbraunen Wurzelhaaren versehen, deren Länge 0.8—2.0 mm beträgt.

Probefl. 5 (Weissmoor; S. 30). 27. VII. 1929. (Profil). Lebende Rhizome und Wurzeln 40—50 cm tief im C-S-Torf.

Probefl. 12 (*Cassandra*-Moor; Bülte; S. 32). 23. VII. 1929 (3. Indiv.).

Das Rhizom verzweigt sich im S-Torf, sein lebender Basalteil steckt ca. 80 cm tief. Dicke 4—5 mm, in der Mitte ein grosser Hohlraum, 2.4 mm im Durchmesser; 10 kleine periphere Höhlen. (Fig. 5).

Wurzeln schwarz, meistens unverzweigt; Länge 2—8 cm, Dicke 0.30—0.40 mm. Reichlich Wurzelhaare, Länge derselben 0.87—1.60 mm.

Equisetum silvaticum L.

Probefl. 13 (*Eq. silvaticum*-Bruchmoor; S. 32) 27. VIII. 1930 (1 Indiv.). In der Rhizomrinde 7 Lufthöhlen, in der Mitte 7 kleine Hohlräume. Länge der Wurzeln I. Ord. 1.5—4 cm, Dicke 0.25—0.32 mm. Reichlich (gelbe) Wurzelhaare; Länge 1.2—2.4 mm.

Sparganium simplex Huds.

Literaturangaben: Nach Čelakovsky (1891) gehen die Wurzeln, die spärlich verzweigt sind, vorzugsweise von den Umbiegungsstellen der Sprosse und von den Ausläufern, besonders von den Blattgründen aus; die meisten gehen abwärts, jedoch gehen viele »ud til Sidene eller endog lodret opad». Nach Warming (1897, S. 182) lassen sich bei *Sparganium* aufwärts wachsende, zarte, mit zahlreichen Wurzelhaaren besetzte Wasserwurzeln und dickere, abwärts gerichtete, wenig verzweigte Haftwurzeln an den Sprossenden unterscheiden. Die sonstige Bewurzelung der ausläuferartigen Sprossteile ist spärlich und beschränkt sich auf die Stengelknoten. Nach Freidenfelt (1904, S. 35) ist der Durchmesser der Wurzel I. Ordn. 0.77 mm, der der II. Ordn. 0.25 mm.

Probefl. 19 (*Calla*-Bruchmoor; S. 34). 18. VIII. 1928 u. 6. VIII. 1929 (3 u. 2 Indiv.).

Ausläufer: Von der im Bodendy befindlichen Stengelbasis gehen seitwärts, in entgegengesetzter Richtung, zwei Ausläufer aus, von denen der eine häufig verzweigt ist. Die Spitzen der Ausläufer bewurzeln sich und entsenden oberirdische Stengel schräg aufwärts. Dicke der Ausläufer 1.4 mm. Zentralzylinder 0.4 mm. Epidermis und Exodermis dünnwandig; darunter eine vierschichtige Aussenrinde. In der Innenrinde grosse runde Interzellularräume. Die Ausläufer sind von Blätterscheiden umgeben.

Die Wurzeln gehen von der Basis des blühenden Sprosses, vom Blattgrund aus wagerecht nach aussen und dringen schräg abwärts und gerade abwärts in den wässrigen Schlamm in einer Tiefe von höchstens 10—15 cm. Wurzeln II. Ord. gibt es im allgemeinen sehr wenig. Die meisten Wurzeln sind braun und abgestorben, die übrigen weiss und lebend. Die Wurzeln I. Ordn. weisen zwei Arten auf: feinere, die 0.35—0.44 mm, und gröbere, die 0.60—0.80 mm dick sind. Unter den feineren Wurzeln I. Ordn. findet man reichlicher Wurzeln II. Ordn. als unter den dickeren. Viele der dünneren Wurzeln I. Ordn. wachsen nach aussen und schräg aufwärts. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 0.2—0.5 cm, ihre Dicke 0.20—0.25 mm, die Zahl ihrer Wurzelhaare 30—40 pro 1 mm; Länge derselben 0.25—0.87 mm. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. besitzen spärlich Wurzelhaare; die feineren haben deren 10—20 je 1 mm. Die an der Spitze der Ausläufer gebildeten Wurzeln I. Ordn. sind 0.32—0.36 mm dick und weisen reichlich Haare auf, deren Länge 0.40—0.80 mm beträgt. Der Zentralzylinder der gröbsten Wurzeln I. Ordn. ist 0.13—0.14 mm dick und hat 2 grössere und 2—3 kleinere zentrale Gefässe (20—25 μ). In der Rinde grosse radiäre Lufthöhlen. Die Epidermiszellen sind klein, die Exodermiszellen grösser. In der Epidermis ausserdem noch 1 Zellschicht; dickwandige Zellen kommen nicht vor. In der Innenrinde 7—8 Zellschichten.

Sparganium minimum L.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 258) und Kirchner (1908, Bd. II. Abt. I. S. 380) gehen die sehr dünnen Wurzeln nur von den Umbiegungsstellen aus und immer abwärts, was wahrscheinlich darauf beruht, dass das Rhizom dieser Art verhältnismässig hoch in dem dyigen Boden liegt. »Unløberne kunne blive indtil 20 ctm lange, men er dog oftest meget kortere, de ere 1—2 Mm tykke og bestaa af 2—6 forlaengede Staengelled». Nach Freidenfelt (1904, S. 35) gehört das Wurzelsystem der *Sparganium*-Arten zu dem *Nymphaea*-Typus, dessen Nebenwurzeln einfach oder nur mit einzelnen Beiwurzeln versehen sind.

Probefl. 25 (Eine mit Wasser gefüllte Grube; S. 35). 10. VII. 1928 (2. Indiv.).

Das Rhizom steckt im Bodendy nahe an der Oberfläche, ist

etwa 3 cm lang und 3 mm dick. Vom Ende der blättertragenden Sprosse gehen 2 längs dem Boden verlaufende wagerechte Ausläufer nach verschiedenen Seiten aus; Länge der Ausläufer 2.5—4.5 cm, Dicke 1.0—1.5 mm. Die Ausläufer bewurzeln sich und treiben je einen sterilen Spross an die Wasseroberfläche.

Die Wurzeln entspringen dem Rhizom und erstrecken sich nach verschiedenen Seiten schräg und gerade abwärts in den Bodenschlamm. Die meisten Wurzeln I. Ordn. sind gar nicht verzweigt, einige entsenden spärlich Wurzeln II. Ordn., deren Länge 1.0—1.5 cm und deren Dicke 0.14—0. 16 mm beträgt. Die älteren Wurzeln I. Ordn. sind 16—18 cm lang und 0.64—0.87 mm dick. Die an den Spitzen der neuen Ausläufer gebildeten Wurzeln sind unverzweigt, die längsten derselben 13—19 cm. Die Wurzeln gehen 10—17 cm tief. Die jungen Wurzeln I. Ordn. besitzen wenig Wurzelhaare; Länge derselben 0.12—0.16 mm.

Probe fl. 27 (Weidenau; S. 35). 26. VI. 1929 (3. Indiv.).

Länge der Ausläufer 2.5—9.6 cm, Dicke 0.99—1.0 mm; 5—7 Internodien. In der Rinde grosse runde Interzellularräume. Ein Individuum hat 3 Ausläufer.

Die im Bodenschlamm steckenden Teile der Wurzeln sind braun, die im Wasser befindlichen weiss. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 2.3—10 cm; Dicke 0.50 mm, Tiefe 5—12 cm. Wurzeln II. Ordn. finden sich sehr wenig, ihre Länge beträgt 1.0—1.5 cm, ihre Dicke 0.16—0.20 mm. Bei einem der untersuchten Individuen war die zusammengerechnete Länge der Wurzeln I. Ordn. 118.8 cm. An den Wurzeln II. Ordn. finden sich durchschnittlich 15 Wurzelhaare je 1 mm; Länge der Haare 0.80—1.0 mm. Auch die jungen Wurzeln I. Ordn. sind spärlich mit Wurzelhaaren versehen.

Scheuchzeria palustris L.

Literaturangaben: Nach Chatin (1856, S. 79) findet sich in der Aussenrinde des Rhizoms von *Scheuchzeria* ein von Verstärkungszellen gebildeter Ring. In der Innenrinde sind Lufthöhlen vorhanden. Die Wurzeln haben eine zweischichtige Epidermis mit kleinen Zellen. Die Zellmembranen in der Aussenrinde sind dick. In der Innenrinde sieht man zahlreiche Interzellularräume. Im Zentralzylinder kommen auch dickwandige Zellen vor. »Cercle

fibreux cortical continu formé par des fibres épaisses. Parenchyme lacuneux et très lâche sous le cercle fibreux, compacte, au contraire, et à cellules plus allongées autour du faisceau ligneaux central. Fécule ovoïde, assez abondante vers la région centrale du parenchyme. Système ligneux central composé de fibres pareilles à celles du cercle cortical et de vaisceaux, les uns rayés et très étroits, les autres, grands trachéiformes, mais à lame ne se déroulant que rarement et imparfaitement.» Nach ROTHERT (1885, S. 73) hat das Rhizom eine Scheide zum Schutz gegen den radialen Druck. Nach VAN TIEGHEM und DOULIOT (1888, S. 305) ist die Wurzel oktarch (8 Hadr. und 8 Lept.). Nach HARTMAN (1879, S. 416) ist das Rhizom lang kriechend, geglie-

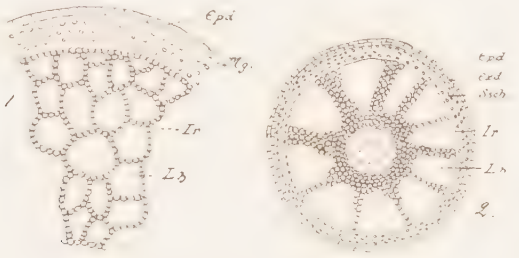


Fig. 6. *Scheuchzeria palustris*.
1. Rhizom. 2. Wurzel I. Ordn.

dert und schuppig. Nach RAUNKIAER (1895—1899, S. 23—24) »have de gjennem den svampede Sphagnum krybende Udløberne paa aeldre Individer i Regelen en Laengde af 15—30, undertiden endog indtil 50 ctm, med 1—5 ctm lange og 3—4 Mm tykke Staengelled. Fra hvert Bladfeste bryder i Regelen en eller to Birødder frem.» Nach HEGI (1906, S. 147) ist die Grundachse schief aufsteigend, dünne, bis $^1/_2$ m lange Wanderrhizome bildend. Nach KIRCHNER (1908, S. 567) sind die Epidermiszellen des Rhizoms von *Scheuchzeria* an der inneren Seite verdickt und verkorkt, darunter befindet sich ein 2—5-schichtiges Sklerenchym. Die lamellöse Rinde enthält reichlich Stärke. Den Zentralzylinder umgibt eine C-förmig verdickte Schutzscheide. Das Hadrom umgibt das Leptom. Im Kern und in der Rinde findet sich reichlich Stärke. Nach VOSS u. ZIEGENSPECK (1929, S. 402) steckt *Scheuchzeria* bekanntlich tief im Moore.

P r o b e f l. 2 9 (Kolkmoor; S. 36). 17. VIII. 1927 u. 5. VIII. 1929 (4 u. 5 Indiv.).

Das Rhizom liegt horizontal, etwa 2—3 cm tief im S-Torf; die Rhizome einiger Individuen ein wenig aufwärtsgekrümmt. Die Länge des Rhizoms schwankt zwischen 15—41 cm, seine Dicke von 2.2—4 mm. Bei einigen Individuen verzweigt sich das Rhizom sympodial. Es weist einige Dutzend Knoten auf; an seinem Zentral- und Endteil finden sich Reste alter Blätter. In der Rinde grosse, durch eine Zellschicht getrennte Lufthöhlen. (Fig. 6). Unter der Epidermis eine von dickwandigen kleinen Zellen gebildete dreischichtige Schutzscheide. Die Leitstränge teils kollateral, teils hadrozyklisch. Der Zentralzylinder 0.92 mm im Durchmesser, in der Mitte dünnwandige, Stärke enthaltende Markzellen. Dehnbarkeit etwa 20 %.

Die Wurzeln wachsen meistens horizontal, Länge 8—30 cm, Tiefe 5—12 cm. Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.40—0.87 mm. Zentralzylinder 0.18—0.30 mm. Einige Wurzeln haben 7 Hadrome und 7 Leptome, andere 10—12 Hadrome und Leptome. Der Durchmesser der Gefässe beträgt 20—25 μ. Die Aussenrinde weist 2—3 Schichten (verholzter?) kleiner Zellen auf. In der Innenrinde grosse Interzellularräume (Fig. 6). Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. etwa 25 %. Es finden sich verhältnismässig spärlich Wurzeln II. und III. Ordn. Die Wurzeln II. Ordn. sind 3—6 cm lang und 0.08—0.16 mm dick und besitzen reichlich dünne Wurzelhaare, deren Länge 0.50—0.74 mm beträgt. Der Zentralzylinder ist gut entwickelt. Die Wurzeln III. Ordn. sind 0.5—1.0 cm lang und 0.08—0.10 mm dick und haben weniger Wurzelhaare als die Wurzeln II. Ordn. Die Spitzen der jungen Wurzeln I. Ordn. weisen ebenfalls Wurzelhaare auf.

Probefl. 7 8 (Grossseggen-Weissmoor; S. 47). 12. VIII. 1928 (1 junges Indiv.) u. 27. VI. 1929 (4. Indiv.).

Das Rhizom liegt etwa 10 cm tief wagerecht in S-Torf, verzweigt sich, und einige Zweige treiben abwärts in den Torf; Länge 26—54 cm, Dicke 2.4—2.6 mm. Die Internodien des Rhizoms sind 10—18 cm lang. Epidermis und Exodermis verholzt.

Die Wurzeln entspringen den Ansatzstellen der schuppenförmigen Blätter des Rhizoms und gehen teils abwärts, teils seitwärts, einige aufwärts in das lebende S-Moos. Die meisten und dicksten Wurzeln befinden sich an der Stelle, von wo die oberirdischen Sprosse aufwärtssteigen. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen

11—14 cm; grösste Dicke 0.99 mm. Der Zentralzylinder dieser groben Wurzeln ist 0.22 mm dick, und es lassen sich an demselben etwa 30 Gefässe verschiedener Grösse (die grössten 30 μ) und 12 Leptome beobachten. Die Epidermis und Exodermis der Wurzeln I. Ordn. sind dünnwandig, darunter ein verholztes (?) mechanisches Gewebe mit 3 Zellschichten; Epidermis häufig zerstört. In der Innenrinde grosse radiäre Interzellularräume. Die Dehnbarkeit der dicken Wurzeln I. Ordn. etwa 15 %. Es gibt auch dünnere Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 0.29—0.43 mm beträgt. Zentralzylinder 0.10 mm, 7 Gefässe (15 μ). Epidermis und Exodermis dieser Wurzeln dünnwandig, unten ein zweischichtiges mechanisches Gewebe. Die Innenrinde weist 8—9 Zellschichten und grosse Lufthöhlen auf. Man findet sowohl beinahe unverzweigte als verhältnismässig reich verzweigte Wurzeln I. Ordn. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 2—5 cm, ihre Dicke 0.08—0.15 mm. Die Wurzeln III. Ordn. sind 3—5 mm lang und 0.08 mm dick. Die Wurzeln II. und III. Ordn. haben spärlich Wurzelhaare, Länge der Haare 0.37—0.43 mm. Die Wurzeln reichen 10—15 cm tief.

P r o b e f l. 8 6 (*Scheuchzeria*-Kolkmoor: S. 48). 9. VII. u. 19. VIII. 1928 (6 Indiv.).

Das R h i z o m kriecht und verzweigt sich im lebenden ***Sphagnum*** ganz an der Oberfläche, beinahe horizontal. Länge 10—30 cm, Dicke 3—4 mm; 10—12 Internodien.

Die W u r z e l n dringen im allgemeinen schräg in den S-Torf bis zu einer Tiefe von 5—10 cm. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt 4—11 cm, ihre grösste Dicke 0.68—0.88 mm, die feinsten sind 0.31—0.36 mm dick. Der Zentralzylinder hat einen Durchmesser von 0.18—0.32 mm; es finden sich darin 8—10 Hadrome (20—23 μ) und 8—10 Leptome. Epidermis- und Exodermiszellen verhältnismässig gross, dünnwandig. Die Aussenrinde hat noch eine aus 3 Zellschichten bestehende Schutzscheide. In der Innenrinde 8—10 Zellschichten, radiäre Lufthöhlen und im Innern kleine Interzellularräume. Die Wurzeln der jüngeren Rhizomzweige sind unverzweigt, die an den älteren Teilen befindlichen Wurzeln verhältnismässig dicht verzweigt. Die an der Basis der Blätter und der oberirdischen Stengel befindlichen jungen Wurzeln sind unverzweigt; dort finden sich gewöhnlich zwei Wurzeln, Länge 8—11 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind 2—6 cm lang und 0.16—0.20 mm dick; Zentralzylinder

0.10 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 3—8 mm, Dicke 0.07—0.12 mm.

P r o b e f l. 2 (Seggenweissmoor; S. 30). 22. VI. 1929 (1 Indiv.).

R h i z o m horizontal in einer Tiefe von ca. 9—10 cm. Länge 15 cm, Dicke 2.0—2.4 mm; vom Rhizom steigen Luftsprosse gerade aufwärts. In der Rinde grosse Interzellularräume.

W u r z e l n. Von dem nach oben gekrümmten Teil des Rhizoms erstrecken sich verhältnismässig reich verzweigte Wurzeln I. Ordn. wagerecht in das lebende Moos. Länge der Wurzeln I. Ordn. 6—8 cm, Dicke 0.68 mm. Zentralzylinder 0.15 mm, darin 9 Hadrome, von denen in einigen je 1, in anderen je 3 Gefässe vorhanden sind. Die aus dem wagerechten Teil des Rhizoms entspringenden Wurzeln wachsen 10—15 cm tief meistens wagerecht im S-Torf. An den Spitzen der Wurzeln II. und III. Ordn. finden sich weisse Wurzelhaare und stellenweise verzweigte Pilzfäden.

Z u s a m m e n f a s s u n g. Das Rhizom steckt in horizontaler Lage 2—10 cm tief im Moos; beobachtete maximale Länge 54 cm, Dicke 2—4 mm. In der Aussenrinde eine dreischichtige, aus kleinen verholzten Zellen gebildete Schutzscheide. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Die W u r z e l n, die von der Ausgangsstelle der schuppenförmigen Niederblätter ausgehen (je 1 oder 2 von jeder) wachsen teils wagerecht, teils abwärts, mitunter aufwärts, in einer Tiefe von höchstens 10—15 cm. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 4—30 cm. Die längsten Wurzeln auf der P r o b e f l. 2 9 (C-S-T; H_2B_{3-4}). Die feineren Wurzeln I. Ordn. sind 0.29—0.43 mm, die dickeren 0.68—0.99 mm dick. Die jungen Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt, die älteren reich verzweigt. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. höchstens 0.31 mm; in einigen kommen 7 Hadrome und 7 Leptome, in anderen 8—12 Hadrome und Leptome vor. In der Innenrinde 8—10 Zellschichten und rädiäre, grosse Interzellularräume. In der Aussenrinde, unter der Exodermis eine aus 2—3 Zellschichten bestehende verholzte Schutzscheide; Epidermis häufig zerstört. An den Wurzelspitzen weisse Wurzelhaare. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. schwankt zwischen 2—6 cm, die der Wurzeln III. Ordn. von 0.3—1.0 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—25 %.

Hierochloë odorata (L.) Whlnb.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 528) ist das Rhizom kriechend, verzweigt. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 604) bliver Udløberdelen indtil over 15 ctm lang og har i Regeln 3—6 strakte Staengelled, Rødderne, der udgaa fra Bladfacstene gaa ud til alle Sider og ere forsynede med talrike korte Sidegrene. Nach Kirchner (1909, Bd. I. Abt. 2, S. 154) besteht die Endodermis aus C-förmig verdickten Zellen. Die Zentralgefässe sind klein. Mykorrhiza ist nicht zu finden.

Probefl. 60 (Braunmoor: S. 43). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Rhizom und Ausläufer. Ein altes kriechendes Rhizom in einer Tiefe von 2—4 cm im Basalteil des Mooses; der älteste Teil ist verfault. Dicke 0.8—1.0 mm. Aus der Basis des blühenden Sprosses entspringen 2—3 horizontale Ausläufer, deren Länge 3—16 cm beträgt; in den längsten Ausläufern 4 oder 5 Internodien.

Die Wurzeln, die reich verzweigt sind, treiben vom Rhizom aus fast wagerecht in das Braunmoos und schräg in den A-Torf; gerade Länge 4—6 cm, Tiefe im allgemeinen 0.5 cm. Wurzeln gehen auch von der Stengelbasis am Vegetationspunkt der Blätter aus. An den Spitzen der längsten Ausläufer finden sich junge unverzweigte Wurzeln. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.30—0.32 mm. Die Wurzeln II. Ordn. sind gewöhnlich unter 1 cm lang und 0.12—0.16 mm dick. Wurzeln III. Ordn. gibt es wenig, Länge 1—2 mm.

Probefl. 13 (Bruchmoor; S. 32). 1. VI. u. 13. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Ausläufer. 2 oder 3 horizontale Ausläufer, deren Länge 6—11 cm und deren Dicke 1.2—1.4 mm beträgt. Die Epidermis- und Exodermiszellen sind klein, verholzt. In der Innenrinde drei- und viereckige kleine Interzellularräume. Die Leitstränge sind mit einer von festen verholzten Zellen gebildeten Scheide umgeben. Innere Wände der Endodermis verdickt.

Wurzeln. Von den Wurzeln I. Ordn. unterscheidet man zwei Arten: reich verzweigte Nährwurzeln, die der Basis der oberirdischen Sprosse entspringen, und spärlich verzweigte Nährstützwurzeln. Die Wurzeln erstrecken sich bündelweise nach verschiedenen Richtungen in den Oberflächentorf. Tiefe 3—4 cm, Länge 4—6 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.32—0.40 mm; Zentralzylinder 0.18—0.20 mm,

4 grosse Gefässe (20 μ), an der Aussenseite 9—10 kleine Gefässe. Die Epidermis mitsamt den Wurzelhaaren wie auch die Exodermis gehen schnell zugrunde. In der Innenrinde drei- und viereckige Interzellulärraume. Die Innenwand der Endodermis ungemein dick, verholzt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—2 cm, Dicke 0.14—0.16 mm, Zentralzylinder 0.04 mm. Die Spitzen der Wurzeln II. Ordn. sind verhältnismässig dicht mit Wurzelhaaren besetzt (etwa 10 St. je 1 mm), deren Länge 0.74—0.87 mm beträgt. Wenig Wurzeln III. Ordn., Dicke 0.12 mm.

Zusammenfassung: Die meisten Seitenwurzeln sind an den Wurzeln II. und III. Ordn. reich verzweigt. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—6 cm, Dicke 0.32—0.40 mm, Zentralzylinder 0.18—0.20 mm, 4 grosse Gefässe (20 μ), an der Aussenseite 9—10 kleine Gefässe. In der Innenrinde drei- oder viereckige Interzellularräume. Innenwand der Endodermis verdickt, verholzt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—2 cm, der Wurzeln III. Ordn. 1—2 mm. Die Wurzeln II. Ordn. besitzen Wurzelhaare.

Nardus stricta L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) 2 Gefässe in den Wurzeln. Nach Freidenfelt (1902, S. 151) gehen die Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen tief, sind mit reichlichen feinen Nebenwurzeln versehen (wie die xerophilen). Der Bau der Wurzeln I. Ordn. ist von hydrophilem Typus. Nach Hegi (1906, S. 373) ist diese Art mit dicken schnurartigen Wurzeln versehen. Nach Voss (1929, S. 198—199) ist das Wurzelwerk stark dimorph ausgebildet. Die starken Triebwurzeln dringen tief in die Erde. In ihnen finden wir keine Verpilzung. Sie dienen also der autotrophen Ernährung. Wurzelhaare sind nicht gerade selten; sie sind 0.5 mm lang und 10 μ dick. Einige Wurzeln sind spärlich verzweigt und haben wenig Wurzelhaare. In der Rinde Mykorrhizapilze.

Probefl. 50 (Braunmoor; S. 41). 3. VII. 1928 (5 Indiv., grosse Bülten bildend).

Wurzelsystem. Von der Stengelbasis, etwa 5—6 cm unter der Erdoberfläche, gehen sowohl verzweigte als unverzweigte Wurzeln aus, die meistens gerade und schräg abwärts in den Torf, manchmal wagerecht nach aussen verlaufen. Grösste beobachtete Tiefe

20—25 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 17—31 cm. Die Dicke der unverzweigten, hellgelben Wurzeln beträgt 0.80—1.2 mm, einige sind an der Basis 1.6 mm dick. Durchmesser des Zentralzylinders 0.85 mm, bei den dicken Wurzeln I. Ordn. 0.27—0.28 mm; im Zylinder finden sich 8 grosse (25 μ), an der Aussenseite 20 kleine Gefässe und 20 Leptome. Die Epidermiszellen sind hoch. In der Aussenrinde 3—4 Zellschichten ohne Interzellularräume. In der Innenrinde 20—35 grosse radiäre Lufthöhlen. Endodermis dick. Bei einigen Wurzeln I. Ordn. beträgt der Durchmesser des Zentralzylinders 0.48 mm; im Zylinder sind 8 grosse Gefässe (35 μ), an der Aussenseite 20 kleine Gefässe zu beobachten. Die übrigen, verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind 0.50—0.64 mm dick. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. macht höchstens 6—9 cm, ihre Dicke 0.28 mm aus. Die Wurzeln III. Ordn. sind 0.16—0.20 mm dick. Wurzelhaare finden sich sowohl an den Wurzeln I. als an denen II. und III. Ordn.: Länge der Wurzelhaare 0.50—0.60 mm.

Agrostis vulgaris With.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) 2 Gefässe in den Wurzeln. Nach Hegi (1906, S. 225) ist die Grundachse kurz, unterirdisch-kriechend, kurze, meist über 5 cm lange Ausläufer treibend. Nach Weaver (1926) erstrecken sich die Wurzeln im allgemeinen 22 Zoll, nur wenige 40 Zoll tief, und die laterale Verbreitung ist 9 Zoll.

Probefl. 6 (reiserreiches Weissmoor: S. 31). 29. VII. u. 13. VIII. 1929 (5 Indiv.).

Das Wurzelsystem: Die Wurzeln sind im allgemeinen ziemlich reich verzweigt, aber auch unverzweigte Wurzeln I. Ordn. kommen vor. Die meisten Wurzeln erstrecken sich bündelweise von der Basis der dem Rhizom entspringenden oberirdischen Sprosse, andere gehen von den Knoten des Rhizoms aus. Die Wurzeln befinden sich im oberen Torf, gewöhnlich in einer Tiefe von 5—10, mitunter von 15 cm. Die Wurzeln I. Ordn. sind 8—12 cm lang und 0.32 mm dick. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen dicke (0.24 mm) Wurzeln II. Ordn. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—4 cm, Dicke im allgemeinen 0.16 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—2.5 cm, Dicke 0.12 mm. Weisse Wurzelhaare

sind verhältnismässig häufig sowohl an den Wurzeln I. als II. und III. Ordn. 30—40 je 1 mm. Länge der Wurzelhaare 0.8—1.6 mm. Die längsten Wurzelhaare finden sich an den jungen Wurzeln I. Ordn. Das Rhizom wächst in einer Tiefe von etwa 3 cm, wagerecht; Länge 4—5 cm.

Agrostis canina L.

Literaturangaben. Nach Raunkiaer (1895—1899, S.531 u. 595) »udgaa fra tuen oftest ogsaa kortere eller laengere, undertiden indtil over 10 cmt lange, underjordiske Udløbere, der tilsidst boie op over Jorden og grundlaegge nye Tuer. Andre voxe ud til lange overjordiske Ranker, i hvis Bladaxler der i samme Efteraar hurtig udvikles rodslaaende Sideskud. Rankerne kunne blive over $^1/_2$ M. lange». Nach Freidenfelt (1904, S. 21—22) ist die Epidermis der Wurzeln I. Ordn. dünnwandig, ebenso die der Exodermis. In der Innenrinde finden sich 3—4 Zellschichten, zu innerst 3 bleibende Schichten. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt. Durchmesser der Wurzel 0.55 mm, in der Mitte ein weites Gefäss (30 μ). Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.2 mm dick. Die Innenrinde ist 2—3-schichtig, Interzellularräume kommen vor. Im Innern der Rinde Pilzhyphen. Die Wände der Exodermis schliesslich ein wenig verdickt. Innenwand der Endodermis dick. In der Rinde der Wurzeln III. Ordn. 2 Zellschichten, keine Interzellularräume. Nach Hegi (1906, S. 226) ist die Grundachse oberirdisch kriechend. Zuweilen mit Ausläufern. Nach Weaver (1926) erstrecken sich die Wurzeln im allgemeinen 20 Zoll tief, die laterale Ausbreitung ist 24 Zoll.

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor; S. 42). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die Wurzeln entspringen an der Stengelbasis und verlaufen teils wagerecht, teils schräg nach unten. Die längsten Wurzeln I. Ord. sind 16—17 cm lang; sie erstrecken sich gewöhnlich 10—15 cm tief in den A-C-Torf. Es gibt sowohl verzweigte als unverzweigte Wurzeln I. Ordn. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.40—48 mm, Zentralzylinder 0.36 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. An den verzweigten Wurzeln I. Ordn. wie auch an den Wurzeln II. und III. Ordn. finden sich Wurzelhaare, deren Länge 0.6—1.0 mm ausmacht.

Probefl. 2 (Seggenweissmoor; S. 30). 10. VII. 1928 (2 Indiv., kleine Bülten bildend).

Länge der Ausläufer 8—10 cm. Internodien 2—3.5 cm lang. An den Knotenstellen entwickelt sich ein Bündel Wurzeln (3—6 St.), das 5—10 cm tief in den Oberflächentorf eindringt. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 10—12 m lang und 0.44 mm dick. Die Wurzeln sind im allgemeinen reich verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.14 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Die an den Ausläufern entspringenden jüngeren Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt und weisen reichlich Wurzelhaare auf, deren Länge 0.28—0.60 mm beträgt. Wurzelhaare finden sich auch an den anderen Wurzeln. Die Haare haften häufig an den Sphagnumblättern. Die feinsten Wurzeln I. Ordn. sind 0.20 mm dick. Die Rindenzellen der Wurzeln I. Ordn. liegen in regelmässigen radiären Reihen. Interzellularräume klein.

Probefl. 47 (Braunmoor: S. 40). 3. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Die Ausläufer sind 10—11 cm lang; die Internodien 1.5—5 cm. Die Wurzeln wachsen teils im lebenden Moos, teils ganz im Oberflächentorf; die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 5—7 cm lang, 0.28—0.40 mm dick; Tiefe 5—10 cm. Die meisten Wurzeln sind reich verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Länge der Wurzelhaare 0.60 mm.

Zusammenfassung: Es finden sich sowohl unverzweigte (junge) als verzweigte Wurzeln I. Ordn., daneben Wurzeln II. und III. Ordn. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt 5—17 cm, ihre Dicke 0.20—0.48 mm. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.12—0.14 mm, die III. Ordn. 0.08 mm dick. Die längsten Wurzeln I. Ordn. auf der Probefl. 56 (H_3B_4; A-C-T), die kürzesten Wurzeln auf der Probefl. 47 ($H_{4-4}B_{3-4}$; A-C-T).

Calamagrostis phragmitoides Hn.

Probefl. 16 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor: S. 33). 24. VII. u. 31. VII. 1929 (3 u. 2 Indiv.).

Die ältesten Teile des Rhizoms wachsen in einer Tiefe von etwa 25—30 cm im Po-Torf. Von hier steigen bewurzelte vielgliedrige Stengel aufwärts. Von der Stengelbasis erstrecken sich in den Torf horizontale, 13—16 cm lange Ausläufer, unverzweigte weisse Wur-

zeln I. Ordn. in den Torf hineinsendend. Länge der Wurzeln 3—7 cm. Höher, nahe an der Moosoberfläche, befinden sich an jedem Knoten 1—3 Wurzeln. Die untersten Wurzeln I. Ordn. sind die längsten;

Fig. 7. *Calamagrostis phragmitoides*. Probefl. 16. 24. VII. 1928. Etwas schematisiert.

maximale Länge 20—30 cm; diese Wurzeln stecken 30—40 cm tief. Grösste Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.68 mm; diese Wurzeln haben zahlreiche lange (2.0—2.4 mm) Wurzelhaare. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.32 mm. Im Zentralzylinder finden sich 6 grosse Gefässe (30—35 μ). Die Epidermiszellen sind häufig zerstört. Die Rindenzellen sind dünnwandig. Endodermis dickwandig, gelblich-

braun. An der Spitze einer abgebrochenen Wurzel I. Ordn. bilden sich 0.20—0.30 mm dicke Wurzeln II. Ordn. Die Wurzeln II. Ordn. sind im allgemeinen 0.16 mm dick und 3—4.5 cm lang; sie haben reichlich weisse 0.6—1.0 mm lange Wurzelhaare. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Auch diese besitzen reichlich 1.0—1.2 mm lange Wurzelhaare. (Fig. 7).

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor; Bülte: S. 32). 27. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m steigt beinahe senkrecht aufwärts in der Bülte, das untere Ende liegt 12—15 cm tief.

Die W u r z e l n gehen von den Knoten (2—5 von jedem) des Rhizoms aus und verlaufen meistens wagerecht, die untersten 20 cm tief. Durchmesser der dicksten Wurzeln I. Ordn. 1.18 mm; Zentralzylinder 0.37 mm, 8 Gefässe (40—50 μ). Die Epidermiszellen sind gross, in radiärer Richtung lang, unten 3 Zellschichten. In der Innenrinde grosse radiäre Interzellularräume. Zu innerst eine Schutzscheide aus 4—5 Zellschichten, mit braunwandigen Zellen. Endodermis gelb, Innenwand verdickt. Weisse Wurzelhaare ziemlich reichlich, Länge der Haare 0.74—0.80 mm. Die Wurzeln sind reichlich verzweigt. Die Wurzeln III. Ordn. 0.14—0.18 mm dick, reichlich mit weissen Wurzelhaaren versehen, deren Länge 0.40—0.50 mm beträgt.

P r o b e f l. 1 3 (Bruchmoor; S. 32). 3. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Von der Stengelbasis erstrecken sich in den Torf ungemein reich verzweigte horizontale Wurzeln, deren Länge 10—15 cm beträgt. An der Spitze der jungen horizontalen Ausläufer gibt es weisse, unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren Länge 15—19 cm beträgt; die längste Wurzel 28.5 cm lang. Tiefe der Wurzeln 15—20 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 30—35 %.

Calamagrostis stricta (Timm.) Nutt.

P r o b e f l. 4 7 (Braunmoor; S. 40). 25. VIII. 1928 (2 Indiv., kleine Rasen bildend). Die W u r z e l n liegen fast wagerecht, Tiefe 5—10 cm. Die Wurzeln I. Ordn. trimorph: 1) unverzweigte, 0.44 mm dicke, weisse Wurzeln, die mit spärlichen Wurzelhaaren versehen sind, deren Länge 0.60—0.70 mm beträgt, 2) dünne, 0.20 mm dicke, reichlich verzweigte Wurzeln, deren Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.12 mm dick sind. Länge der Wurzelhaare dieser Wurzeln I. Ordn. 0.5—0.6

mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.4—0.6 mm, 3) 0.52 mm dicke Wurzeln I. Ordn., die ziemlich reichlich verzweigt sind. Durchmesser des Zentralzylinders dieser Wurzeln 0.20 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.14 mm. An den Wurzeln wenig Wurzelhaare; Länge 0.6—0.7 mm.

Aera flexuosa L.

Literaturangaben: Nach RAUNKIAER (1895—1899, S. 531) ist der Ausläuferteil unterirdisch, langgliederig. Nach KUJALA (1926, S. 62) ist die Rhizompartie der Sprosse an offenen Standorten kurz und die Wuchsart deshalb bültenbildend, wobei die Sprosse gleichzeitig reichlich blühen. Im Waldschatten hat die Rhizompartie lange Internodien, weshalb sich keine Bülten bilden. Das Rhizom und die Wurzeln bilden ein recht dichtes Netz in der Humusschicht, und sie geraten deswegen in einen heftigen Konkurrenzkampf um Raum und Nährstoffe mit den auf dieselbe Weise wachsenden anderen Pflanzen. Nach VOSS (1929, S. 176—177) gehen die Wurzeln sehr tief in den Boden hinein. Die Adventivwurzeln gehen vom Wurzelstock aus und sind dicker als ihre Abzweigungen. Diese Abzweigungen entwickeln sich zunächst noch nicht, sondern die Adventivwurzeln stossen geradeaus. Erst wenn sie eine gewisse Tiefe erreicht haben, beginnen sie die nach Grasart äusserst fein verteilten Seitentriebe zu bilden. Die Verzweigung der Nebenwurzeln umfasst ein ziemlich weites Areal. Die Triebwurzeln dieses Grases sind verhältnismässig fest und dick. Es sind Wurzeln, die ausser der Leitung der in den Nebenwurzeln gesammelten Lösungen noch die Funktion der Festigung in dem lockeren Sande auszuführen haben. In einiger Entfernung von der Spitze tragen sie einen sehr dichten Kranz langer Haare. Diese sind 1.8 mm lang. Mit den Sandpartikelchen sind sie aufs innigste verwachsen. Die Seitenwurzeln sind gleichmässig weit ausladend verzweigt. Es findet sich ein gleicher Besatz von Wurzelhaaren von dem gleichen Habitus wie oben.

Probefl. 47 (Braunmoor; S. 40). 9. VIII. 1928 (3 Indiv., kleine lockere Bülten bildend).

Das Rhizom steigt schräg im oberen Torfe empor; Länge 2—4 cm. Wurzeln: Von der Basis des Rhizoms und der Sprosse gehen Wurzeln I. Ordn. schräg abwärts und auch wagerecht nach

aussen in den Torf; Länge der Wurzeln 11—14.5 cm; grösste beobachtete Tiefe 10—11 cm; Dicke 0.36—0.40 mm. Zentralzylinder 0.30—0.31 mm, in demselben 7—8 Gefässe (25—30 μ). Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.10 mm und die III. Ordn. 0.06 mm dick. Wurzeln II. und III. Ordn. gibt es spärlich. Wurzelhaare nur an den Wurzeln III. Ordn., Länge der Haare 0.74—1.12 mm. Pilzhyphen ziemlich reichlich.

(*Myrtillus*-T-Wald, 10. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die jungen Wurzeln I. Ordn. 0.50 mm dick; Zentralzylinder 0.27—0.30 mm im Durchmesser, darin 10 Gefässe (20 μ), an der Aussenseite 20 kleine Gefässe. Die Wurzeln II. und III. Ordn. sind ziemlich reichlich mit Wurzelhaaren besetzt.

Probe fl. 9 (*Cassandra*-Moor, Bülte; S. 32) (1 Indiv.).

Der unterste Teil des Rhizoms liegt ca. 6 cm tief; von der Basis des Rhizoms gehen drei schräg aufwärts wachsende Ausläufer aus. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 20—26 cm lang, sonst wenig, aber an den Spitzteilen reichlicher verzweigt. Grösste beobachtete Tiefe 15—20 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—9.5 cm. Wurzeln III. Ordn. gibt es wenig.

Aera caespitosa L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) finden sich in den Wurzeln 3 und mehr Gefässe. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 589) »har taet, tueformet Vaext. I Rosetstadiet udvikles der fra Skuddets nederste Del flere kraftige Birødder.»

Probe fl. 4 7 (Braunmoor; S. 40). 23. VIII. 1928 (3 Indiv.). 2. VII. u. 5. VII. 1929 (4 Indiv., grosse Bülten bildend).

Die Basalteile der Halme liegen ca. 3 cm tief im Torfe. Die Wurzeln gehen strahlenförmig aus, meistens in wägerechter Richtung. Die oberen wagerechten Wurzeln sind fein und reichlich verzweigt, sie liegen in dem Moose und im oberen Torfe; Länge 10—20 cm, Dicke 0.5—0.6 mm. Von den gröberen Wurzeln sind einige weiss und unverzweigt, einige sind mit einfachen Wurzeln II. Ordn. versehen. Länge dieser gröberen Wurzeln I. Ordn. 19—43 cm. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm. Die Spitzen der alten Wurzeln I. Ordn. sind oft tot, braun oder schwarz. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.8—0.99 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.25—0.36 mm. 2—5

zentrale Gefässe (30—60 μ), 10—16 periphere kleine Gefässe (15 μ). Die Epidermiszellen 6-eckig, bald verschwindend. Unter der Epidermis 4 Zellschichten, die Zellen sind 6-eckig oder rund, ohne Lufthöhlen. In der Innenrinde 10—12 Zellschichten und 20—25 grosse radiäre Interzellularräume. Endodermis dickwandig, verholzt. Durchmesser des Zentralzylinders der jungen Wurzeln I. Ordn. 0.18 mm; 3 zentrale und 12 kleine periphere Gefässe, 12 Siebteile. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm, Zentralzylinder 0.04—0.06 mm. An den Wurzeln II. Ordn. ziemlich reichlich weisse Wurzelhaare; Länge derselben 0.12—0.37 mm (im allg. unter 0.25 mm). Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. ca. 35 %.

P r o b e f l. 4 8 (Braunmoor; S. 40). 9.·VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die langen und dicken, weissen Wurzeln I. Ordn. fast alle in wagerechter Richtung ganz im oberen Teile des Torfes, 2—5 cm tief. Einige reichen 10 cm tief. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 40—52 cm lang, Dicke 0.80—1.00 mm, Zentralzylinder 0.25 mm, 3 zentrale grosse Gefässe (32—40 μ), 12 periphere kleine Gefässe, 12 Leptome. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm. In den unverzweigten jungen Wurzeln I. Ordn. 2 grosse und 12 kleine Gefässe. Dehnbarkeit der jungen Wurzeln I. Ordn. ca. 25 %.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 6. VIII. 1929 (Profil).

Die W u r z e l n erstrecken sich 10—12 cm tief.

Phragmites communis Trin.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Hartman (1879, S. 514) ist der Wurzelstock dick, kriechend. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 532, 575) ist der Ausläuferteil unterirdisch, langgliederig. »Ved Rankernes Bladfaeste sees Rodanlag, og hvor Rankerne komme i Berøring med fugtig Bund, voxe Rødderne ud og faeste Rankerne til Jorden.» Nach Freidenfelt (1902, S. 163) sind die Adventivwurzeln zweimal verzweigt. Nach Freidenfelt (1904, s. 24) ist der Durchmesser der Wurzeln I. Ordn. 1.15 mm. Nach Büsgen (1905) sind die Wurzeln von *Phragmites communis* ziemlich reichlich verzweigt, um die periodische Trockenheit zu ertragen. Nach Kotilainen (1927, S. 62) erstreckt sich das Wurzelsystem von *Phragmites communis* wenigstens bis zur Tiefe von 0.8 m. Nach demselben Autor (S. 79, 171) be-

ruht die Fähigkeit von *Phragmites*, ihre unterirdischen Teile sogar sehr tief im Torf lebend zu erhalten, sicher auf den grossen Hohlräumen der Internodien, die die Atmung der im Torf befindlichen Pflanzenteile von der Azidität des Wassers im Torf mehr oder weniger unabhängig machen dürften. Bemerkenswert ist, dass die Länge und Höhe der im Torf befindlichen Pflanzenteile erheblich grösser sind

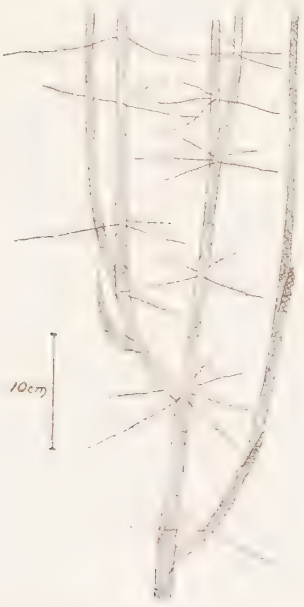


Fig. 8. *Phragmites communis.* Probefl. 63. 15. VII. 1928.

Fig. 9. *Phragmites communis.* Wurzel I. Ordn.

als die Länge der entsprechenden Pflanzenteile, wenn die Art auf Sandboden wächst.

P r o b e f l. 6 3 (Braunmoor-Reisermoor, *Sphagnum centrale*-Bülte; S. 44). 15. VII. 1928 u. 16. VII. 1929 (3 u. 4 Indiv.).

R h i z o m: Der Basalteil bei einigen Individuen 70 –75 cm tief im S-Torf, bei anderen 90 100 cm tief. Tote Teile noch tiefer. Das Rhizom verzweigt sich im Torf, und alle Zweige steigen gerade aufwärts. In der Mitte des Rhizoms eine grosse Lufthöhle, in der Rinde 40—50 kleine Hohlräume. Länge der Internodien 6 –12 cm. Länge des Rhizomteils zwischen den obersten und den untersten Wurzeln 55—70 cm. (Fig. 8).

Die W u r z e l n gehen radiär von den Knoten aus, gewöhnlich 8 Stück von jedem. Unverzweigte Wurzeln I. Ordn. gibt es zu oberst im lebenden *Sphagnum.* Die dicksten und längsten Wurzeln gehen wagerecht seitwärts und finden sich in einer Tiefe von 40—50 cm im S-Torfe. Länge der Wurzeln I. Ordn. 12—32 cm (mittlere Länge 20 cm), Dicke der gröberen Wurzeln 1.40—1.68 mm, der

Fig. 10. *Phragmites communis.* Probefl. 101. 22. VIII. 1929. Ein Teil des Wurzelsystems.

feineren Wurzeln 0.68—0.74 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der dickeren Wurzeln 0.30—0.40 mm; in der Mitte im Kreise 6—10 grosse Gefässe (35—50 μ). Zentralzylinder in den feineren Wurzeln 0.18 mm, 5 grosse zentrale Gefässe (25—32 μ), ausserhalb 14—15 kleine Gefässe. An den Wurzeln I. Ordn. sitzen weisse Wurzelhaare, deren Länge 0.25—0.42—0.80 mm beträgt. Epidermis braun; Exodermis zweischichtig, darunter ein 2—4-schichtiges mechanisches Gewebe, von dickwandigen verholzten kleinen Zellen gebildet. Endodermis dünnwandig. In der Innenrinde 14—17 grosse radiäre Inter-

zellularräume. (Fig. 9). Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.52 mm; sie besitzen spärlicher Wurzelhaare als die Wurzeln I. Ordn. Wurzeln III. Ordn. gibt es wenig; Dicke derselben 0.10—0.12 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. (16. VII.) 20—25 %.

Probefl. 54 (Braunmoor-Reisermoor, *Sphagnum fuscum*-Bülte, S. 42). 20. VI. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom verzweigt sich und steigt gerade aufwärts in der *Spagnum fuscum*-Bülte. Der älteste Teil des Rhizoms findet sich im A-C-Torf unter dem *S. fuscum*-Torf in einer Tiefe von 70 cm.

Wurzeln gibt es sowohl im S-Torf als im A-C-Torf. Mittlere Länge der Wurzeln 20 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.68—1.20 mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.32—0.40 mm. Die Wurzeln liegen meistens wagerecht; grösste Tiefe 60—70 cm.

Probefl. 101 (Seeboden; S. 51). 22. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom mit seinen Verzweigungen kriecht im Sand- und Steinboden in einer Tiefe von 10—15 cm. Die Internodien sind kurz, 2—6 cm lang. (Fig. 10).

Die Wurzeln gehen nicht tief, verlaufen meistens fast in der Richtung des Bodens, Tiefe 10—15 cm. Von jedem Knoten gehen 1—4 Wurzeln aus. Länge der Wurzeln I. Ordn. 15—25 cm. Die Wurzeln sind ziemlich reichlich mit Wurzeln II.—IV. Ordn. versehen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1.5—3 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—20 %. Bei einem Individuum, das auf steinlosem Sandboden wächst, gehen Wurzeln vom Stengel oberhalb des Bodens wagerecht in das Wasser aus. Dicke dieser Wurzeln 1.2—1.4 mm; sie sind ungemein reichlich mit Wurzeln II. Ordn. versehen, die nach allen Seiten ausgehen und deren Länge 1—5 cm beträgt; die Wurzeln III. Ordn. sind ca. 1 mm lang. Die Wurzeln I. Ordn. im Sandboden sind dicker, 1.6—2.0 mm dick; sie sind wenig verzweigt. Ihr Zentralzylinder misst 0.44 mm im Durchmesser, 7—8 Gefässe. In der Innenrinde radiäre Interzellularräume. Im Sande gibt es auch ganz unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren Länge 10—14 cm beträgt.

Molinia coerulea (L.) Moench.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 579—581) »holdes alle til samme Tue hørende Skudgrupper fast forbundne ved Hjelp af saerdeles staerke, tykke, vredne, mellem hver-

andre indfiltrede Rødder. Rødderne udgaa alene fra Rhizomet, nevnlig fra Grunden af Knopperne.» »Ogsaa Rødderne ere til en vis Grad uddannede som Ammeorgane. Rødderne ere paafaldende tykke og staerke; paa et Tvaersnit sees følgende Bygningsforhold: indenfor den storcellede Overhud findes et kredsformet Parti smaacellet Styrkevaev, der indefter gaaer temmelig jevnt over i et maegtigt Forradsvaev, der helt udfyller Pladsen mellem Styrkevaevet og den staerke Centralcylinder.» Die überwinternden Wurzeln führen Stärke. Nach BERGGREN (1898, S. 147—150) ist das Wurzelsystem kräftig entwikkelt. Die Wurzeln sind einen Fuss lang, gehen gerade abwärts in den Boden aus und sind »af segelgarnstråds tjocklek». Die Wurzeln sind hart und fest und besitzen einen mechanischen peripheren Ring und einen Zentralzylinder. Die Notwendigkeit so langer, kräftiger und zahlreicher Wurzeln muss mit der physischen Beschaffenheit des Bodens im Zusammenhang stehen. Die Stärke der Wurzeln wird im Winter auf die Probe gestellt. BRUNDIN (1898) beschreibt die überwinternden Internodien und Winterknospen von *Molinia*, aber Angaben über die Wurzeln enthält seine Untersuchung nicht. STAHL (1900, S. 552) hat innere Verpilzung der Wurzeln bei *Molinia* beobachtet. Nach FREIDENFELT (1902, S. 149) hat *Molinia* tiefgehende, lange und kräftige Wurzeln, die mit ziemlich reichlichen, regelmässig einfachen Seitenwurzeln versehen sind, welche jedoch nicht besonders dick sind. Nach demselben Autor (1900, S. 216) erinnert das Wurzelsystem bei *Molinia* morphologisch an das Wurzelsystem vieler mit Rhizom versehenen Liliaceen-Arten, der anatomische Bau ist jedoch verschiedenartig, nämlich vom dem Typus der Hydrophyten. Nach HEGI (1906, I, S. 276) sind die Wurzeln von *Molinia* sehr lang und kräftig und gehen von den Knoten der kurzen Internodien aus. Nach WEBER (1913, S. 38) können die Wurzeln von *Molinia* in unhumifiziertem S-Torfe über 1 m lang werden und durch den S-Torf dringen. KOTILAINEN (1927, S. 80) sagt: »Allem Anschein nach verträgt *Molinia* sauerstoffarmes Wasser besser als viele andere Moorpflanzen. Wahrscheinlich ermöglicht es auch in diesem Falle der Bau der im Torf befindlichen Pflanzenteile der Art, sauerstoffarmes Wasser zu vertragen.» Auf S. 171 bemerkt derselbe Autor: »Die Höhlen der Internodien von *Molinia coerulea* (und von *Phragmites communis*) auch in den Wurzelstöcken wirken als Luftbehälter für die unterirdischen Pflanzenteile.» Nach VOSS (1929, S. 199) ist es ganz

charakteristisch, dass dieses Gewächs niemals zu tief im Grundwasser liegt. Die Triebwurzeln gehen sehr tief. (Voss hat diese Pflanze in einem trockenen, sandigen Kiefernwald untersucht.) An den oberflächlich gelegenen Nebenwurzeln fehlen die Wurzelhaare vollständig. Dafür haben wir hier eine reichlichere Verpilzung.

Probefl. 45 (*Paludella*-Braunmoor; S. 39). 18. VIII. 1927 u. 25. VIII. 28 (3 u. 3 Indiv.).

Wurzelsystem: Die ausgedehnten Basalinternodien der Halme liegen ca. 3 cm tief. Die Wurzeln I. Ordn. fast wagerecht, Länge derselben 14—26 cm. Die gröberen Wurzeln I. Ordn. sind 1.25—1.30 mm, die feineren 0.9—1.04 mm dick. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. variiert, die kürzesten sind 2—3 cm, die längsten 12—14 cm lang. Die Wurzeln II. Ordn. teils wagerecht verlaufend, teils tiefer in den A-C-T dringend, einige steigen gerade aufwärts. Grösste Tiefe der Wurzeln 12—15 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—10 %, der II. Ordn. ca. 10 %. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.15 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.30—0.32 mm, 8—10 grosse Gefässe (30—35 μ), ausserhalb derselben über 30 kleine Gefässe. — Probefl. 50; auf einer Bülte sind die Wurzeln lang, dringen durch den Po-T in den darunterliegenden A-C-T, 30 cm tief.

Probefl. 31 (*Sphagnum papillosum*-Weissmoor; S. 37). 22. VIII. 1927 (3 Indiv.).

Wurzelsystem: Die ältesten fortdauernden Basalteile der verwelkten Halme liegen etwa 8—10 cm tief im S-Torf. Aus ihren Knoten entspringen einige (3—4) sehr schwach gekrümmte lange Wurzeln I. Ordn., von denen die meisten schräg abwärts oder beinahe horizontal seitwärts in den S-Torf gehen. Die Wurzeln sind verhältnismässig wenig verzweigt. Die Spitzen der meisten dieser älteren, tief in den Torf dringenden Wurzeln sind abgestorben oder die Wurzeln sind abgebrochen, und es haben sich an den Bruchstellen dickliche Wurzeln II. Ordn. gebildet, die häufig verhältnismässig reichlich Wurzeln III. Ordn. aufweisen. Beim Wachsen des Torfes verlängern sich auch die aus den Winterknospen entspringenden, einem senkrechten Rhizom ähnlichen Basalinternodien der neuen Halme, und an der Basis der oben an diesen Gliedern gebildeten Knoten gehen lange neue Wurzeln I. Ordn. hervor. Die längsten der beobachteten Wurzeln waren 40—41 cm lang

(gewöhnliche Länge 20—35 cm). Grösste beobachtete Tiefe 30 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.0 mm. Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. ziemlich gross, die Aussenwand ein wenig verdickt; darunter eine kleinzellige Exodermis. In der Aussenrinde 3—4 Schichten dickwandiger Zellen. In der Innenrinde grosse radiäre Lufthöhlen. Innenwände der Endodermis verdickt. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. schwankt zwischen 3—10 cm; Dicke etwa 0.25 mm. Wurzeln

Fig. 11. *Molinia coerulea.* Probefl. 31. *Sphagnum papillosum*-Bülte. 22. VIII. 1927.

III. Ordn. gibt es im allgemeinen wenig, und sie sind ganz kurz, gewöhnlich unter 1 cm, höchstens 2 cm lang, Durchmesser 0.16 mm. Die Wurzeln II. Ordn. wachsen in verschiedenen Richtungen im Torf, viele (vielleicht die meisten) aufwärts in das lebende S-Moos. Die oberflächlicher gelegenen Wurzeln I. Ordn. haben am reichlichsten Wurzeln II. Ordn. am Basal- und Zentralteil, während die Endteile auf langen Strecken gänzlich unverzweigt sein können. (So war z. B. bei einer 40 cm langen Wurzel I. Ordn. die Spitze auf einer Strecke von 20 cm und bei einer anderen, 41 cm langen Wurzel auf einer Strecke von 14.5 cm ganz unverzweigt.) (Fig. 11).

P r o b e f l. 9 7' (Braunmoor-Reisermoor-Bülte, S. 51). 28. VII. 1928 u. 10. VIII. 1930 (je 3 Indiv.).

Wurzelsystem: Die ältesten erhaltenen Basalteile der Halme liegen in einer Tiefe von 7—8 cm im S-Torf. Die obersten, erweiterten Basalteile der Halme finden sich an der oberen Grenze des Torfes. Die Wurzeln I. Ordn. sind lang und ziemlich gerade, verhältnismässig wenig verzweigt. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 40—43 cm lang, ihre Spitzen liegen 30—40 cm tief und reichen in den A-C-Torf hinein, einige Wurzeln gehen bis zum Grundwasser. Die Wurzeln wachsen schräg abwärts, etwa in einem Winkel von 35° (horizontal von der Oberfläche gerechnet). Die Wurzeln sind hart, schwer dehnbar, druckfest. Dehnbarkeit etwa 10 %. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.8—1.2 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.44—0.48 mm, darin 12 Gefässe (30 μ) im Kreise und um diese herum über 30 kleine Gefässe. Unter der Epidermis ein aus mehreren Schichten verholzter Zellen gebildetes mechanisches Gewebe. Am meisten verzweigt sind die im A-C-Torf befindlichen Teile der Wurzeln; es finden sich darunter Wurzeln II.—IV. Ordn. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.25—0.48 mm; Durchmesser der Wurzeln III. Ordn. 0.14—0.20 mm; Dicke der Wurzeln IV. Ordn. 0.10 mm. An den Wurzeln II.—IV. Ordn. finden sich stellenweise reichlich Pilzhyphen.

Probefl. 6 3 (Braunmoor-Reisermoor, S. 44). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Wurzelsystem: Die Basalknoten der Halme befinden sich 14—16 cm tief im S-Torf, die Wurzeln im lebenden *Sphagnum* und S-Torf. Die Tiefe der Wurzeln beträgt 20—25 cm. Die tiefer liegenden Wurzeln sind teilweise abgestorben. Dicke der Wurzeln I. Ordn. höchstens 1.24 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.43—0.50 mm, 15 Gefässe, an der Aussenseite ca. 30 kleine Gefässe, 25—30 Leptome. Keine Wurzelhaare. Die feinsten Wurzeln III. Ordn. sind 0.10 mm dick.

Probefl. 8 2 (steiniges Seeufer; S. 48). 17. VII. 1929 (3 Indiv.).

Wurzelsystem: Unter den in den Halmen befindlichen, zwiebelartig erweiterten Internodien entspringen nach verschiedenen Seiten verlaufende, ziemlich wagerechte weisse Wurzeln I. Ordn., deren gerade Länge 10—19 cm und deren Dicke 1.3 mm beträgt. Die Wurzeln sind voller Krümmungen, da sie sich zwischen kleinen Steinen ihren Weg bahnen. Mehrere Wurzeln sind stellenweise abgeflacht. Die Tiefe der Wurzeln unter der Oberfläche beträgt bloss

1—2 cm. Wurzeln II. Ordn. kommen reichlich vor, Dicke derselben 0.5—0.6 mm. Die Wurzeln III. Ordn. sind auch sehr zahlreich, ihr Durchmesser beträgt 0.15—0.30 mm. Der Zentralzylinder der Wurzeln ist deutlich entwickelt.

P r o b e f l. 8 3 (Ufer, Serpentinfelsen; S. 48). 19. VIII. 1929 (2 Indiv., dichte Rasen bildend).

Fig. 12. *Molinia coerulea*. Probefl. 83. 19. VIII. 1929.

Das W u r z e l s y s t e m ist infolge seiner reichlichen Verzweigung sehr dicht. Es finden sich Wurzeln I.—IV. Ordn. (Fig. 12). Die Wurzeln wachsen nahe an der Oberfläche in dünnem, in den Vertiefungen des Felsens befindlichem Humus. Die Wurzeln verlaufen beinahe wagerecht, sie sind geschlängelt, stellenweise abgeflacht. Tiefe 0—5 cm. (Fig. 13). Die grösste Länge der Wurzeln I. Ordn. ist 20—25 cm, Dicke 1.18—1.20 mm. B a u d e r W u r z e l n I. O r d n.: Grosse Epidermiszellen, darunter die Exodermis, dann eine aus 5—6 Schichten verholzter Zellen bestehende Schutzscheide. In der Innenrinde 3- und 4-eckige Interzellularräume und auch etwas weitere Lufthöhlen verschiedener Grösse. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln

I. Ordn. 0.31 mm; bei den abgeflachten Wurzeln ist der Querschnitt des Zentralzylinders oval. Die Endodermiszellen sind verholzt. Im Zentralzylinder finden sich 13 Gefässe im Kreise, an der Aussenseite

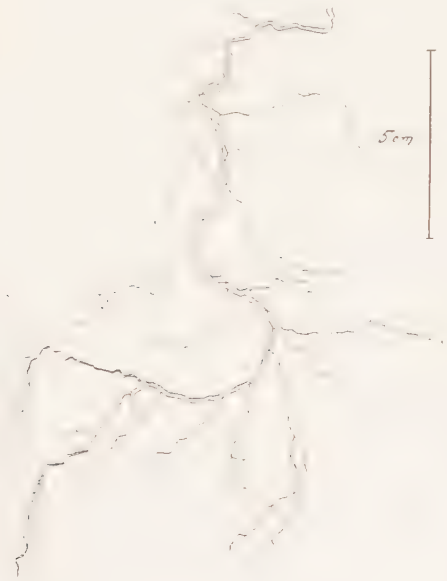


Fig. 13. *Molinia coerulea.* Verzweigte Wurzel I. Ordn. Probefl. 83. 19. VIII. 1929.

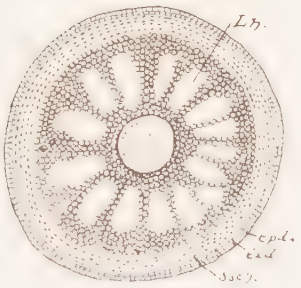


Fig. 14. *Molinia coerulea* Wurzel I. Ordn.

etwa 40 kleine Gefässe. Der Durchmesser des Zentralzylinders der dicksten Wurzeln II. Ordn. 0.14 mm; darin 4—5 grosse Gefässe (25 μ); in der Innenrinde grosse radiäre (unregelmässige) Interzellularräume. Wurzelhaare kommen nicht vor. (Fig. 14).

P r o b e f l. 1 0 7 (sandiges Seeufer, ganz an der Wassergrenez; S. 52). 12. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Die W u r z e l n bilden ein dichtes, zusammengeballtes, ziemlich festes »Netzwerk» und sind reich verzweigt. Tiefe 20—25 cm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 20—30 cm lang und 0.80 –1.03 mm dick; Zentralzylinder 0.18—0.27 mm, darin 5—10 ringförmig angeordnete grosse Gefässe (20—25 μ), an der Aussenseite über 30 kleine

Gefässe. Epidermiszellen verhältnismässig gross, darunter eine dünnwandige Exodermis und unter dieser eine aus 3 Zellschichten bestehende Schutzscheide. In der Innenrinde, deren Zellen Stärke enthalten (Jodkal.-Reaktion) 9—10 Zellschichten, zwischen den Zellen 3- oder 4-eckige Interzellularräume und hier und da grössere radiäre Interzellularen. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt.

Zusammenfassung: Die Wurzeln der auf Felsgrund, in dünnem Humus sowie auf steinigen Ufern und in Sandboden wachsenden Pflanzen sind ungemein reich verzweigt; sie besitzen Wurzeln I.—IV. Ordn., die ein sehr dichtes Wurzelnetzwerk bilden. Die Wurzeln haben also nicht nur einfache Seitenwurzeln II. Ordn., wie Freidenfelt (1902, S. 149) sagt. Die Wurzeln der auf Mooren, namentlich auf *Sphagnum papillosum*-Weissmooren und Braunmoor-Reisermoor-Bülten wachsenden Pflanzen sind viel weniger verzweigt, sie haben aber doch auch Wurzeln III. Ord., ja im A-C-Torf sogar Wurzeln IV. Ordn. Die Wurzeln sind lang und gerade, während die auf Stein- und Sandufern wachsenden Pflanzen sehr geschlängelte Wurzeln aufweisen und ihre Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen kürzer als bei den auf Torfboden vorkommenden Individuen sind. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt im allgemeinen über 20 cm, die beobachtete maximale Länge ist 43 cm (Probefl. 97; S-T) und die minimale Länge 10 cm (Probefl. 82; Felsen) (nach Weber können die Wurzeln im Torfboden über 1 m, nach Berggren etwa 30 cm lang werden). Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 0.8—1.3 mm; die der Wurzeln II. Ordn. zwischen 0.25—0.60, ihre Länge zwischen 2—14 cm. Die Wurzeln III. Ordn. sind 0.10—0.30 mm dick, höchstens 2 cm lang. Wurzelhaare fehlen bei allen Wurzeln. Mykorrhiza kommt vor, wie auch Stahl (1900) und Voss (1929) erwähnen. Die Wurzeln sind hart, schwer dehnbar. Bei den auf hartem Boden wachsenden Individuen ist der Durchmesser des Zentralzylinders grösser als bei den auf Torfboden auftretenden. Der Zentralzylinder der von Sand- und Steinufern herstammenden Wurzeln I. Ordn. misst 0.18—0.31 mm im Durchmesser; in Torfböden ist die entsprechende Zahl 0.44—0.50 mm. Die Tiefe der Wurzeln schwankt zwischen 1—2 und 25—30 cm. Die Wurzeln können (auf Braunmoor-Reisermooren) bis zu dem unter dem S-Torf befindlichen A-C-Torf dringen. An den Endteilen der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen häufig dicke Wurzeln II. Ordn., die auch

Wurzeln III. Ordn. besitzen. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Epidermiszellen verhältnismässig gross, darunter eine dünnmembranige Exodermis und unter dieser eine aus mehreren (3—6) Zellschichten gebildete Schutzscheide. In der Innenrinde kleine 3- und 4-eckige Interzellularräume und auch weite Lufthöhlen verschiedener Grösse, die bei den in Torfboden lebenden Individuen grösser sind als bei den in Sandboden wachsenden. Innenwand der Endodermis verdickt. Im Zentralzylinder 4—15 grosse Gefässe (20—30 μ), an der Aussenseite etwa 30 kleine Gefässe, 25—30 Leptome.

Festuca rubra L.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 401) hat *Festuca rubra* ein kriechendes Rhizom. Nach Klinge (1879, S. 46) finden sich in den Wurzeln 2 Gefässe. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 532) ist der Ausläuferteil unterirdisch, langgliederig. Nach Freidenfelt (1904, S. 19), der eine im Sandboden gewachsene Pflanze untersucht hat, ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.6 mm und weist der Zentralzylinder 3—4 weite, zentrale Gefässe (45 μ) auf. In der Innenrinde 8—9 Zellschichten. Die Wurzeln sind nicht ganz von xerophilem Typus. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.18 mm dick. Nach Weber (1913, S. 97, 154) reichten die Wurzeln von *Festuca rubra* auf einem Moor, dessen Torf entfernt worden war, bis in eine Tiefe von 15—18 cm; die Wurzeln der Gräser drangen im allgemeinen bloss 10—12 cm tief hinunter. Nach Voss (1929, S. 200) sind die Triebwurzeln lang und schlank und gehen mittelmässig tief. Die Verzweigung der Nebenwurzeln ist fein.

Probefl. 60 (*Amblystegium*-Braunmoor, S. 43). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Rhizom: Basis des alten Rhizoms etwa 3 cm unter der Braunmoosoberfläche. Das Rhizom ist 2.5—3.5 cm lang und steigt etwas gekrümmt schräg aufwärts (ca. 1.5 cm). Von der Basis des i. J. 1928 blühenden Stengels geht der neue ausläuferartige Teil des Rhizoms aus, an dessen Ende ein neuer Assimilationsspross entstanden ist. Wurzeln: Aus dem alten Rhizom wie auch aus der Basis des blühenden Sprosses und dem jungen ausläuferartigen Rhizom gehen Wurzeln I. Ordn. hervor, die verhältnismässig wenig Wurzeln II. Ordn. besitzen. Auch einige Wurzeln III. Ordn. kommen

vor. Die Wurzeln sind im allgemeinen 6—14 cm lang und gehen in den A-C-Torf; Tiefe gewöhnlich 5—10 cm, grösste beobachtete Tiefe 15—20 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.36—0.40 mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—5 cm, der Wurzeln III. Ordn. 0.2—0.4 cm. Wurzelhaare finden sich an den Wurzeln II. und III. Ordn., Länge der Haare 0.48—0.52 mm. In der Innenrinde der älteren Wurzeln I. Ordn. unregelmässige, durch Zerreissen entstandene Interzellularräumen, in den jungen Wurzeln kleine Interzellularen.

Eriophorum polystachyum L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, S. 136) treibt das schwarzbraune Rhizom lange Ausläufer. Nach Schwarz (1883) hat *E. angustifolium* Wurzelhaare. Nach Höveler (1892, S. 303) ist *E. polystachyum* mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 425—426) »udgaa Sideskuddene i et Antal af 1—6 fra det Sked paa Moderskuddet, hvor dette bøier op i den lodrette, overjordiske, løvbladberende Skuddel; det er ogsaa kun herfra, at Rødderne udgaa. Udløberdelens Laengde er meget forskjellig, fra nogle faa till over 25 cm. Skududviklingen er vistnok i Regeln 3-aarig.» Nach Hegi (1906, S. 20) treibt die Grundachse lange Ausläufer. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 402) stehen die Wurzeln nicht sehr dicht und streichen ziemlich flach. Eigenartig ist die violette Farbe derselben. Die Langtriebe tragen nicht sehr zahlreiche Seitenwurzeln. Diese sind dicklich und von nicht sehr weiten Atemgängen durchzogen. Die Wurzelhaare stehen ausserordentlich dicht und beginnen in einiger Entfernung von der Spitze. Sie sind etwa 1 mm lang. Die vortreibende Wurzel führt Stärke.

Probefl. 9 (*Cassandra*-Moor-Bülte; S. 32). 8. VIII. 1927 (2 Indiv.).

Ausläufer: Die Stengelbasis liegt 11—12 cm tief unter der Moosoberfläche im S-Torf. Von der Basis gehen 4—5 Ausläufer nach verschiedenen Richtungen, annähernd horizontal. Die Enden der Ausläufer krümmen sich nach oben und wachsen der Moosoberfläche parallel; Länge 3—9 cm.

Wurzeln: Von dem unterirdischen vertikalen Stengel gehen

in verschiedener Höhe Wurzeln I. Ordn. schräg abwärts in den C-S-Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. 6—12 cm, Tiefe 15—20 cm. Die Wurzeln sind violett, einige abgestorben und schwarz. Viele Wurzeln I. Ordn. haben hier und da einige kurze Wurzeln II. Ordn., deren Länge im allgemeinen 0.5—1.0 cm beträgt; die längsten sind 3.5 cm lang.

P r o b e f l. 7 1 (*Eriophorum alpinum*-Torfschlammoor; S. 45). 8. VIII. 1927 (2 Indiv.).

A u s l ä u f e r u n d W u r z e l n: Die Basis des Stengels liegt 5—6 cm tief im Torfe. Der alte abgestorbene Ausläufer ist noch an der i. J. 1927 blühenden Stengelbasis erhalten; von ihr geht in einer anderen Richtung ein horizontaler, etwa 6 cm tief streichender neuer Ausläufer aus, dessen Länge 20—24 cm beträgt. Die aus der Basis der i. J. 1927 blühenden Stengel entspringenden Wurzeln wachsen nach allen Richtungen, einige sogar aufwärts. Die meisten jener im vorangegangenen Jahre entstandenen Wurzeln sind schwarz und verfault, einige noch wenigstens teilweise lebend. Die Länge der Wurzeln ist 4—16 cm, die Tiefe schwankt zwischen 5—15 cm. Der am Ende des Ausläufers entspringende neue oberirdische Stengel ist noch i. J. 1927 steril. Die an der Basis dieses Stengels entstandenen Wurzeln erstrecken sich auch nach verschiedenen Richtungen, seitwärts, nach unten und auch nach oben bis ganz nahe an die Oberfläche. Die betreffenden Wurzeln sind 3—6 cm lang, weiss und lebend; Dicke derselben 1.0—1.2 mm. Die Spitzen mehrerer nach unten wachsenden Wurzeln sind schwarz und verfault, die längsten derselben 13—15 cm lang. Von der Basis dieses sterilen Stengels (beide unters. Indiv.) gehen noch 2 junge rötliche Ausläufer beinahe horizontal aus; Länge derselben 20—23 cm. (Fig. 15). Auch an ihrer Spitze finden sich schon einige kurze, 1—4 cm lange Wurzeln. Die Wurzeln I. und II. Ordn. sind ziemlich reichlich mit Wurzelhaaren versehen; maximale Länge der Haare 0.36 mm.

P r o b e f l. 2 2 (Eine mit Wasser gefüllte Grube; S. 35) 13. VIII. 27 u. 27. VII. 1928 (2 bzw. 3 Indiv.).

Das untere Ende des Stengels steckt 17—19 cm tief in dem die Wasseroberfläche bedeckenden *Sphagnum*. Der verwelkte vorjährige Ausläufer ist noch erhalten. Die Länge der neuen Ausläufer — die hellrötliche Niederblätter besitzen — beträgt bei einem untersuchten Individuum 17 und 20 cm, bei einem anderen 30.5 und 44.5 cm.

An der Basis der blühenden Stengel entspringen 1) weisse unverzweigte Wurzeln I. Ordn. 2) an der Basis rötliche, dann bis zur Spitze weisse Wurzeln I. Ordn., die ganz kurze Wurzeln II. Ordn. tragen, und 3) ältere rote Wurzeln I. Ordn., deren Spitzen abgestorben sind und an denen reichlich lange Wurzeln II. Ordn. vorkommen. Länge der unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 16—55 cm; die der reichlich verzweigten Wurzeln I. Ordn. 7.16 cm und die der Wurzeln II. Ordn. 2—25 cm. An den verzweigten Wurzeln I. Ordn.

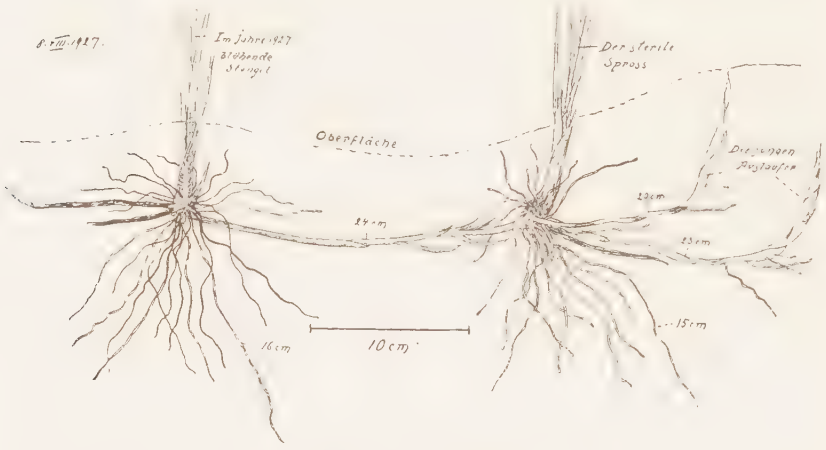


Fig. 15. *Eriophorum polystachyum.* Probefl. 71. 8. VIII. 1927. Das ganze Wurzelsystem.

und den Wurzeln II. Ordn. finden sich zahlreiche Wurzelhaare von 0.6—0.8 mm Länge. Auch die unverzweigten Wurzeln I. Ordn. besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge zwischen 0.20—2.0 mm schwankt. Die verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind 1.20 mm, die unverzweigten 0.8 –0.9 mm dick. Die längsten (62—71 cm) Wurzeln I. Ordn. treiben bei einer anderen untersuchten Pflanze schräg und gerade abwärts in den humifizierten Torf; Tiefe unter der Oberfläche des Wassers 70—80 cm. Der Durchmesser des Zentralzylinders der unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.12 mm, 3—4 Gefässe (20—25 μ) im Kreise, an der Aussenseite häufig 8, mitunter 15—20 kleine Gefässe. In der Aussenrinde 4 Zellschichten, die Zellen sind dünnwandig; Interzellularräume kommen nicht vor. In der Innenrinde 10 - 12 Zellschichten, grosse tangentiale Interzellularen.

P r o b e f l. 4 0 (Überschwemmungsmoor, S. 38). 11. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die Stengelbasis steckt 9—10 cm tief im Torfe. Die Ausläufer streichen wagerecht. Einige Wurzeln I. Ordn. an der Basis des blühenden Stengels sind schwarz, alt und verfault, andere blaurötlich. Die längsten (abgestorbenen) Wurzeln sind 22—23 cm lang. Grösste Tiefe 10—15 cm. Dicke der lebenden Wurzeln I. Ordn. 0.32—0.72 mm; sie haben sehr wenig Wurzelhaare, Länge derselben 0.16—0.28 mm. An den jungen weissen Wurzeln I. Ordn. findet sich dagegen eine dichte Haardecke; Länge der Haare 0.28—0.32 mm. Viele Wurzeln I. Ordn. sind an der Spitze abgebrochen, und an ihrer Stelle haben sich neue, verhältnismässig dicke Wurzel II. Ordn. entwickelt, deren Dicke 0.44 mm und deren grösste Länge 8 cm beträgt. Die Wurzeln II. Ordn. haben reichlich Wurzelhaare, die 0.8, ja sogar 1.8 mm lang sind.

P r o b e f l. 9 8 (Braunmoor-Reisermoor, Schlenke, S. 51). 28. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die Stengelbasen stecken 4– 5 cm tief im Torfe. Die Wurzeln in nahezu horizontaler Lage; grösste Tiefe 5—10 cm. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. messen 0.80 mm im Durchmesser, Zentralzylinder 0.12 mm, in der Mitte 3 Gefässe (30 μ).

P r o b e f l. 6 7 (Braunmoor, S. 44) 7. X. 1928 (2 Indiv.).

Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.56 mm, Zentralzylinder 0.07 mm, in der Mitte 2 Gefässe, an der Aussenseite 7 kleine Gefässe. Weisse Wurzelhaare, Länge derselben 0.37—0.43 mm.

P r o b e f l. 2 0 (*Ledum*-Reisermoor, Wassergrube, S. 34). 19. VI. 1929. (2 Indiv.).

R h i z o m und A u s l ä u f e r: An der Stengelbasis entspringen 3 horizontal in den Bodendy treibende Ausläufer, deren Länge 25—35 cm beträgt. Im Zentrum des Ausläufers befindet sich eine grosse Lufthöhle.

Die W u r z e l n gehen von der Stengelbasis aus und wachsen gerade auswärts im Dy; Länge 20—29 cm, Tiefe unter dem Wasserspiegel 20—25 cm. Die meisten Wurzeln II. Ordn. finden sich an den Wurzelspitzen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 3—7.5 cm, Dicke 0.25 mm. Wurzelhaare kommen reichlich vor, Länge derselben 0.62—0.74, einige sind sogar 1.5 mm lang.

P r o b e f l. 7 6 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 47). 27. VI. 1929. (1 Indiv.).

A u s l ä u f e r: Der alte Ausläufer ist teilweise erhalten, der neue wächst horizontal nach aussen. Dicke der Ausläufer 1.6—1.68 mm, in der Mitte eine grosse Höhle, in der Rinde grosse Interzellularräume.

W u r z e l n: Die Stengelbasis liegt etwa 4 cm tief im A-Torfe. Die Wurzeln treiben schräg abwärts, Länge 4—9 cm, Tiefe 5—10 cm. Die Wurzeln sind im allgemeinen rötlich, ihre Farbe hängt von der der Exodermis ab. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.62—0.68 mm. An den älteren Wurzeln ist die Epidermis geschwunden, die Exodermiszellen sind verhältnismässig gross, die Wände derselben ein wenig verdickt, darunter eine aus 2—3 Zellschichten bestehende Aussenrinde, in der keine Interzellularen vorkommen. Zentralzylinder 0.10—0.12 mm, darin 3 Gefässe (20—25 μ). In der Innenrinde finden sich 10 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume oder die Zellen sind ganz und gar geschwunden. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—15 %.

P r o b e f l. 9 2 (Reisermoor, S. 50). 1. VII. 1929. (2 Indiv.).

A u s l ä u f e r: Zwei neue horizontale Ausläufer, Länge 9.5—11.5 cm. W u r z e l n: Blaurötliche Wurzeln laufen ganz horizontal an der dyigen Torfoberfläche, dicht unter dem Moos, in einer Tiefe von etwa 3—5 cm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 12—18 cm lang. Wurzeln II. Ordn. gibt es sehr wenig, Länge derselben 0.5—1.5 cm.

P r o b e f l. 3 8 (Seggenreisermoor, S. 38). 12. VII. 1929. (2 Indiv.).

A u s l ä u f e r: Dicke 1.6—1.88 mm. Im Rindengewebe grosse Interzellularräume, die Leitbündel kreisförmig angeordnet, kollateral. Die W u r z e l n treiben horizontal oder schräg nach unten im oberen Teil des Torfes, Tiefe 5—10 cm, einige dringen 15 cm tief hinunter. Die alten Wurzeln sind schwarz, an den Spitzen verfault, die lebenden Wurzeln sind rötlich oder weiss. Länge der Wurzeln 12—16 cm, Dicke 0.74—0.80 mm, Zentralzylinder 0.12 mm; 5 grosse Gefässe (15—20 μ), 8 Leptome. Epidermis dünnwandig, ziemlich grosszellig, Exodermiszellen ziemlich gross, dünnwandig. In der Aussenrinde noch 2 Schichten kleiner Zellen ohne Interzellularen. In der Innenrinde 9—12 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Innenwand der Endodermis verdickt und verholzt. Die Wurzeln

II. Ordn. sind 0.20—0.25 mm dick und mit weissen Wurzelhaaren, etwa 12—15 je 1 mm, versehen.

P r o b e f l. 9 5 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 16. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Länge der neuen A u s l ä u f e r 11—19 cm, Dicke 1.10—1.14 mm; sie verlaufen horizontal, einige zunächst ein wenig abwärts, um dann wieder eine wagerechtere Richtung einzuschlagen. In der Mitte ein grosser Hohlraum, in den Rindenzellen reichlich Stärke. In der Rinde grosse unregelmässige Interzellularen in radiärer Lage, die Leitbündel nahe am Hohlraum, kollateral. W u r z e l n: Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—15 cm, ungefähr wagerecht, Tiefe 7—12 cm. Weisse, rötliche und schwarze Wurzeln. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.64—0.70 mm, 3 Gefässe (20 μ), 7 Leptome. Die dünnmembranige Epidermis ist bei den älteren Wurzeln geschwunden, die Exodermiszellen sind gross, in radiärer Richtung hoch, dünnwandig. Darunter eine aus 2 Zellschichten gebildete Aussenrinde, in dər kleine Zellen, aber keine Interzellularräume vorkommen. Innenwand der Endodermis verholzt. In der Innenrinde 12 radiäre Reihen tangentialer Interzellularen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. etwa 10 %. Wurzeln II. Ordnung gibt es sehr wenig, Dicke derselben 0.64 mm.

Ausserdem habe ich die unterirdischen Teile von *Eriophorum polystachyum* auf den Probefl. 46 (2 Indiv.), 56 (2 Indiv.) u. 59 (1 Indiv.) untersucht. Auf der Probefläche 46 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40) streichen die Wurzeln meistens wagerecht, Länge 10—16 cm, Tiefe 5—15 cm (ein paar vereinzelte Wurzeln reichten bis in eine Tiefe von 20—25 cm), Dehnbarkeit 5—10 %. Auf der Probefläche 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42) betrug die Tiefe der Wurzeln im allg. 20—25 cm, selten 30 cm. Auf der Probefläche 59 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor) drangen die Wurzeln 5—10 cm in die Erde; sie wachsen wagerecht im A-C-Torf.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Die Basis des blühenden Stengels liegt 4—19 cm tief im Torfe; im mooslosen Torf 4—6 cm tief; in dikkem Moos oder in auf dem Wasser schwimmendem Moos dringt die Basis tiefer, sogar 17—19 cm hinunter. Die Sprossbildung ist gewöhnlich 3-jährig (wie auch Raunkiaer (1895—1899, S. 425) erwähnt), mitunter 2-jährig. Im ersten Jahre entspringen aus der Basis des Muttersprosses 1—5 wagerechte Ausläufer, deren Spitzen sich

nach oben krümmen und an denen sich bereits einige Blätter (oder wenigstens Knospen) bilden; im zweiten Jahr entwickeln sich daran weitere Blätter, und aus den Blattgründen wachsen horizontale Ausläufer; im dritten Jahr blüht der Spross, um dann abzusterben (Fig. 13). Die Länge der Ausläufer schwankt erheblich, und zwar zwischen 3—44.5 cm; die Dicke zwischen 1.10—1.88 mm; in der Rinde grosse Interzellularräume in radiärer Lage, in der Mitte eine grosse Lufthöhle. W u r z e l n: Von der im Torfe befindlichen Basis des blühenden Sprosses erstrecken sich nach verschiedenen Richtungen trimorphe Wurzeln I. Ordn., nämlich: 1) drei Jahre alte Wurzeln, von denen die meisten abgestorben und schwarz sind, 2) zweijährige Wurzeln, die zum Teil noch leben und rötlich sind und einige Wurzeln II. Ordn. aufweisen, und 3) unverweigte junge weisse Wurzeln. Die an der Basis der sterilen Sprosse befindlichen Wurzeln sind meistens unverzweigt, und die an den Spitzen der jüngsten Ausläufer entspringenden Wurzeln sind am kürzesten und ganz unverzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.32—1.20 mm, die meisten sind 0.6—0.9 mm dick. Im Wasser und in wässrigem Moos wachsende Individuen (Probefl. 20, 22) haben bedeutend längere Wurzeln als die im festen Torf vorkommenden (z. B. Probefl. 46, 71, 76, 92). Die längsten Wurzeln I. Ordn. (62—71 cm) finden sich auf der Probefl. 20 (in einer mit Wasser gefüllten Grube). Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 12—18 cm. Die Länge der im Wasser wachsenden Wurzeln II. Ordn. war auf der Probefl. 20 3—7.5 cm, auf der Probefl. 22 schwankte sie zwischen 2—25 cm. Im Torfboden betrug die Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—3.5 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.64 mm; gewöhnlichste Dicke 0.20—0.25 mm. Wurzelhaare kommen sowohl an den jungen als den älteren Wurzeln I. Ordn. und an den Wurzeln II. Ordn. vor; Länge der Wurzelhaare 0.16—2.0 mm. Auf der Probefläche 38 (Seggenreisermoor) konnten 12—15 Wurzelhaare pro 1 mm beobachtet werden. B a u d e r W u r z e l n I. O r d n.: Epidermis verhältnismässig grosszellig, dünnwandig. Bei den älteren Wurzeln ist die Epidermis geschwunden, darunter eine ziemlich grosszellige Exodermis, deren Wände rötlich und ein wenig verdickt sind. In der Aussenrinde noch 2—4 Schichten dünnwandiger kleiner Zellen, zwischen denen keine Interzellularräume sichtbar sind. In der Innenrinde der jungen Wurzeln I. Ordn. 10—12 Zellschichten, später schwindet der grösste Teil der Zellen, so dass nur 9—12 aus ein-

fachen Zellen bestehende Reihen und zwischen diesen grosse tangentiale Interzellularen (Lufthöhlen) übrigbleiben. Bei den ältesten Wurzeln schwinden die Zellen der Innenrinde vollständig. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt und verholzt. Der Durchmesser des Zentralzylinders beträgt 0.07—0.12 mm, meistens 0.12 mm; 3—5 Gefässe (15—25 μ), an der Aussenseite 8—20 kleine Gefässe, 7—8 Leptome. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. häufig unter 5 %, bei einigen Wurzeln jedoch 10—15 %.

Eriophorum latifolium Hoppe.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln nur ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, 5. Aufl., S. 134) ist das Rhizom kräftig, ungegliedert und ohne Ausläufer. Nach Höveler (1892, S. 303) ist *E. latifolium* mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 427) hat die Pflanze »tueformet Vaext. Fra hvert Skud utgaa 1—4 Sideskud, af hvilke det nederste ofte, men dog langt fra altid, er fremmeligst. Tuerne blive icke naer saa taette og mangestaenglede som hos *E. vaginatum;* Sideskuddene ere nemlig ved Grunden ofte mere eller mindre bueformet opstigende, hverved de komme til at staa lidt fjernede fra hverandre, naar Moderskuddet dør bort, hvilket skeer snart efter Blomstringen.» Nach Kotilainen (1927, S. 84—85) bewirkt der kräftige Bau dieser Art, dass man sie bisweilen sogar in der *Sphagnum fuscum*-Decke finden kann (vgl. Kotilainen 1927, Probe 29, S. 28). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die *Sphagnum fuscum*-Schicht dünn ist und über *Amblystegium-Cyperaceae*-Torf liegt, der den wirklichen Standboden der Art bildet.

Probe fl. 98 (Braunmoor-Reisermoor, Schlenke; S. 51). 28. VII. 1928 (3 Indiv.).

Stengelbasis etwa 5 cm tief im Torf. Die Wurzeln wachsen teils wagerecht, teils in einem Winkel von ca. 45° abwärts in den A-C-Torf; Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.83—1.0 mm; Zentralzylinder 0.15—0.17 mm; in der Mitte 4—5 grosse Gefässe (35—40 μ), an der Aussenseite 11—12 kleine Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20 mm. An einigen gelben Wurzeln II. Ordn. finden sich hier und da kleine Wurzelhaare, deren Länge 0.12—0.16 mm beträgt.

P r o b e f l. 9 7 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 28. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom treibt gerade aufwärts in der *Sphagnum*-Bülte;

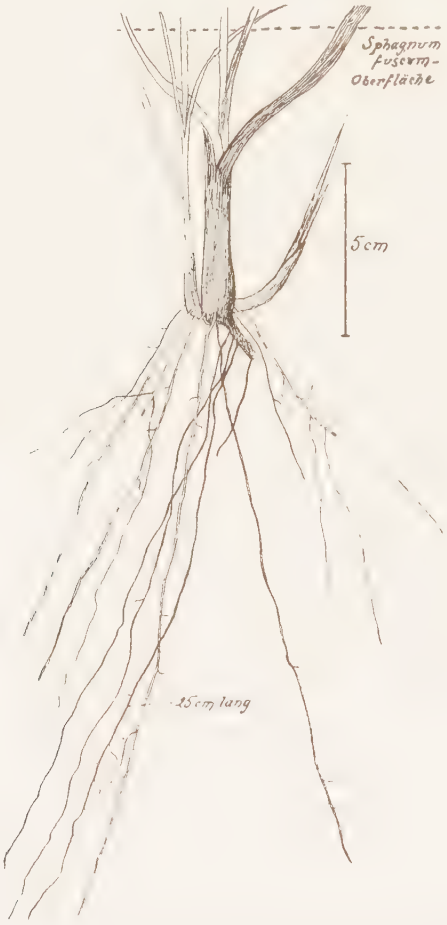


Fig. 16. *Eriophorum latifolium*. Probefl. 97. *Sphagnum fuscum*-Bülte. 28. VII. 1928.

seine Endteile befinden sich 8—12 cm unter der *Sphagnum*-Oberfläche. Die Wurzeln gehen ungefähr geradeaus durch den *Sphagnum fuscum*-Torf in den darunterliegenden A-C-Torf, Tiefe 30—35 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 18—25 cm. Man kann drei verschiedene Arten unterscheiden: 1) weisse junge unverzweigte, 2) gelbe

verzweigte und 3) braune teilweise oder völlig verwelkte Wurzeln. Die Wurzeln II. Ordn. sind im allgemeinen ganz kurz, höchstens 1 cm lang, mit Ausnahme derjenigen, die dicker als die übrigen Wurzeln II. Ordn. und an der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. entsprungen sind; Länge derselben 9—11.5 cm. (Fig. 16).

Probefl. 47 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 6. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die Wurzeln wachsen beinahe gerade nach unten, Länge 8—15 cm (im Oberflächentorf pH 3.45; unten A-C-Torf); Tiefe 10—15 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.88 mm; Zentralzylinder 0.14 mm, 6 Gefässe (20 μ) kreisförmig angeordnet, an der Aussenseite kleine Gefässe. In der Innenrinde 9 Zellschichten. Tangentiale Interzellularräume.

Probefl. 75 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 46). 12. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die Wurzeln gehen schräg nach aussen und krümmen sich dann, um beinahe horizontal in den A-C-Torf zu dringen; Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.74 mm; Zentralzylinder 0.15 mm. In der Mitte 5 grosse Gefässe, an der Aussenseite 12 kleine Gefässe.

Probefl. 67 (Rimpi-Braunmoor, S. 44). 7. X. 1928 (3 Indiv.).

Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 19—20 cm; Tiefe gewöhnlich 5—10 cm, mitunter 10—15 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.64—0.72 mm; Zentralzylinder 0.09—0.12 mm, in der Mitte 3—5 Gefässe (20—22 μ), an der Aussenseite 11—12 kleine Gefässe. An den Wurzeln I. Ordn. ein wenig Wurzelhaare; Länge derselben 0.31—0.43 mm. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.18—0.20 mm dick und stellenweise verhältnismässig dicht mit Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 0.18—0.50 mm beträgt. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. bilden sich eine Menge Wurzeln II. Ordn., von denen die dicksten 0.40—0.43 mm im Durchmesser messen.

Probefl. 50 (niedrige Braunmoorbülte, S. 41). 6. VII. 1928 (3. Indiv.).

Die Stengelbasen sitzen etwa 5 cm tief an der Moos- und Torfgrenze. Die Wurzeln wachsen meistens horizontal, teils im Moos, teils in der obersten Torfschicht; hier und da geht eine Wurzel ein wenig abwärts. Tiefe im allgemeinen 10—15 cm, mitunter 20—25 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 13—20 cm, Dicke 0.8—0.99 mm. Es finden sich 1) junge, unverzweigte weisse Wurzeln, 2) wenig ver-

zweigte gelbe, 3) braune verzweigte und 4) schwarze, abgestorbene Wurzeln. Der Durchmesser der gelben und braunen lebenden Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.14 mm; in der Mitte 5—6 Gefässe im Kreise. Länge der Wurzeln II. Ordn. im allgemeinen 1—2 cm, mitunter 3—4 cm; Dicke 0.24 mm; spärlich Wurzelhaare. (Fig. 17).

P r o b e f l. 4 8 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 20. VI., 23. VIII., 26. VIII. 1929 (6 Indiv.).

Fig. 17. *Eriophorum latifolium.* Probefl. 50. 6. VIII. 1928. Obs! a.W.= abgebrochene Wurzel I Ordn.

Die untersuchten Individuen wuchsen in kleinen Rasen, Ausläufer kommen nicht vor. Länge der Wurzeln 10—20 cm, Tiefe höchstens 10 –15 cm; im A-C-Torf. Die gelben Wurzeln I. Ordn. sind 0.87—1.20 mm dick. Durchmesser des Zentralzylinders 0.13 mm; 5 Gefässe (25—26 μ); 9 Leptome. Bei den älteren Individuen schwindet die Epidermis. In der Aussenrinde 3 Zellschichten. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in 8—9 radiären Reihen. Innenwand der Endodermis verdickt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen 5—10 %, mitunter 15 %. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—1.5 cm. Die feinsten Wurzeln sind 0.13 mm dick.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Aus der Basis des blühenden Spros-

ses, deren Tiefe zwischen 5—12 cm schwankt, entspringen 1—4 (meistens 2—3) aufwärtstreibende junge Sprosse, die kleine lockere Rasen bilden. Horizontale Ausläufer kommen nicht vor. Die Wurzeln gehen von dem Sprossgrund aus. Wenn die Pflanzen in der *Sphagnum-fuscum*-Decke wachsen, sind die Wurzeln lang, bis 25 cm, und treiben geradeaus bis in 30—35 cm Tiefe unter der Oberfläche, bis in den unter dem *S. fuscum*-Torf befindlichen A-C-Torf. Die Wurzeln der im A-C-Torf (Probefl. 47, 48, 67 usw.) wachsenden Individuen gehen meistens wagerecht, zum Teil schräg nach unten in den A-C-Torf; Tiefe im allgemeinen 5—10 cm, mitunter 15—20

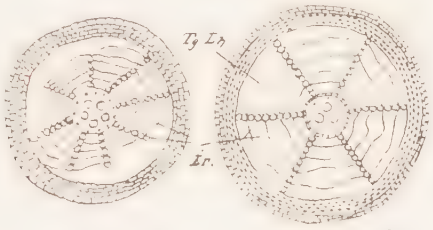


Fig. 18 a. *Eriophorum latifolium.* Wurzel I. Ordn.
Fig. 18 b. *Eriophorum vaginatum.* Wurzel I. Ordn.

cm. (Um die Wurzelspitzen herum beträgt die pH ca. 6, auf der Probefl. 67 pH 6.30.) Die Wurzeln dringen nicht bis zum Grundwasserspiegel. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 8—20 cm (ausser im *S. fuscum*-Torf, wo sie grösser sind); Dicke 0.64—1.20 mm. Unter den Wurzeln I. Ordn. unterscheidet man vier Arten: 1) junge, weisse unverzweigte, 2) gelbe verzweigte, 3) braune verzweigte, teils lebende, teils abgestorbene und 4) schwarze abgestorbene Wurzeln. Die Wurzeln sind reicher verzweigt als die von *E. polystachyum*. Länge der Wurzeln II. Ordn. häufig unter 1 cm, beobachtete maximale Länge 3—4 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.18—0.24 mm, die feinsten sind 0.13 mm dick. Die die abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. ersetzenden Wurzeln II. Ordn. sind 0.40—0.43 mm dick. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Die Epidermis schwindet an den älteren Wurzeln. In der Aussenrinde 3 Zellschichten. In der Innenrinde 9 Zellschichten, tangentiale Interzellularräume. Innenwand der Endodermis verdickt. Durchmesser des Zentralzy-

linders im Mittel 0.14—0.15 mm; in der Mitte 3—6 Gefässe im Kreise (20—40 μ), an der Aussenseite 11—12 kleine Gefässe, oft 9 Leptome. (Fig. 18 a). Sowohl die Wurzeln II. Ordn. als die jungen Wurzeln I. Ordn. besitzen spärlich Wurzelhaare, Länge derselben bei den Wurzeln II. Ordn. 0.2—0.50 mm, bei den Wurzeln I. Ordn. 0.31—0.43 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen 5—10 %, bei einigen 15 %.

Eriophorum vaginatum L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich »in den Wurzeln ein einziges Gefäss». Nach Hallier (1881, 5. Aufl., S. 17) ist das Rhizom ungegliedert, kräftig, ohne Ausläufer. Nach Höveler (1892, S. 303) ist die betreffende Art mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 427) ist die Verzweigung wesentlich wie bei *E. latifolium*, »men Vaexten er taet tueformet paa Grund af, at Sideskuddene, i Regelen 1—3, ere oprette». Nach Osvald (1918, S. 109) hat *E. vaginatum* Luftkanäle in den Wurzeln. Nach Kotilainen (1927, S. 65) wächst diese Art auch auf weniger saueren Mooren (pH 4.7—5. 4 —5.7), aber hier kann man doch Zweifel hegen, ob das Wurzelsystem mit den weniger saueren Torfschichten in Berührung steht. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 402) verläuft das Wurzelwerk sehr seicht.

Probefl. 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 30). 14. VI. 1927 (1 Indiv.). Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.64—0.72 mm; Wurzelhaare kommen vor.

Probefl. 65 (anmooriger Wald, S. 44). 1. V. 1928 (4 Indiv.), 4. XI. 1929 (2 Indiv.).

Die Pflanzen bilden dichte Rasen, keine Ausläufer. Die Sprosse treiben gerade aufwärts. Länge der Wurzeln I. Ordn. (1. V.) 3—6 cm, die alten Wurzeln des vergangenen Jahres sind abgestorben. Dicke der weissen jungen Wurzeln 0.90—1.0 mm, an ihnen sieht man nur einen kleinen Ansatz von Wurzeln II. Ordn. Länge 0.5—0.6 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.32—0.36 mm. Die Wurzeln I. Ordn. haben eine ungemein dichte Haardecke; die Haare sind weiss, im allgemeinen 0.37—0.60 mm lang. Viele Haare sind gekrümmt. Zentralzylinder 0.12—0.16 mm; in der Mitte 3 grosse Gefässe, an der Aussenseite 6—8 kleine Gefässe. Die am 4. XI. untersuchten Individuen hatten nur abgestorbene Wurzeln.

Probefl. 85 (*Sphagnum fuscum*-Reisermoor S. 48). 27. VI. 1928 u. 8. VII. 1929 (4 bzw. 3 Indiv.).

Die Basis der Halme steckt 10—16 cm tief im *S. fuscum*. Die Wurzeln gehen gerade hinunter in den *S. fuscum*-Torf. Die tiefer unten von den unterirdischen Stengeln ausgehenden Wurzeln sind schwarz und abgestorben, die höher entspringenden sind braun und meistens tot. Der Oberfläche am nächsten erstrecken sich weisse Wurzeln; einige Wurzeln gehen dem Stengel parallel abwärts im Schutz der Blattreste. Sämtliche Wurzeln besitzen spärliche, kurze, etwa 1 mm lange Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.60—0.88 mm. Wurzelhaare finden sich wenigstens nicht an den alten Wurzeln I. Ordn. Maximale Länge der jungen Wurzeln I. Ordn. 23.5—26 cm. (Fig. 19 u. 20). Grösste beobachtete Tiefe 35—40 cm. Bei einigen untersuchten Individuen waren die längsten Wurzeln I. Ordn. 9—10 cm lang. Durchmesser des Zentralzylinders 0.08—0.10 mm; in der Mitte 3 Gefässe (20 μ), an der Aussenseite 9 Gefässe. Epidermis und Exodermis dünnwandig, darunter eine aus 3 Zellschichten bestehende, zur Aussenrinde gehörende Schutzscheide, in der keine Interzellularen vorkommen. In einigen Zentralzylindern finden sich nur 2 Gefässe.

Probefl. 7 (Reisermoor, *Cassandra*-Bülte, S. 31). 12. VI. 1929 (3 Indiv.).

Die Stengelbasis liegt 13 -15 cm tief im *Sphagnum*. Die Wurzeln gehen beinahe senkrecht nach verschiedenen Seiten in den N-S-Torf, bis zu einer Tiefe von ca. 25—30 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 12—17 cm. Die Wurzeln sind von kurzer Lebensdauer, einige entstehen spät im Sommer.

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 12. VI. u. 27. VII. 1929 (je 2 Indiv.).

Die Wurzeln gehen schräg und geradeaus in den Torf hinunter; Länge der Wurzeln I. Ordn. 15—25 cm; Tiefe 20—30 cm, einige finden sich noch in einer Tiefe von 30—40 cm. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Dicke 0.75—0.80 mm, Zentralzylinder 0.09 0.10 mm, darin 2 oder 3 zentrale Gefässe (20—25 μ) und 8 oder 9 Leptome. Die Epidermiszellen dünnwandig, darunter eine gleichartige Exodermis, dann noch in der Aussenrinde eine aus 3 Zellschichten bestehende Scheide, in der keine Interzellularen vorkommen. In der Innenrinde der jungen Wurzeln zuerst kleinere und

grössere Interzellularräume, die infolge des teilweisen Schwindens der Rindenzellen entstanden sind; schliesslich finden sich in der

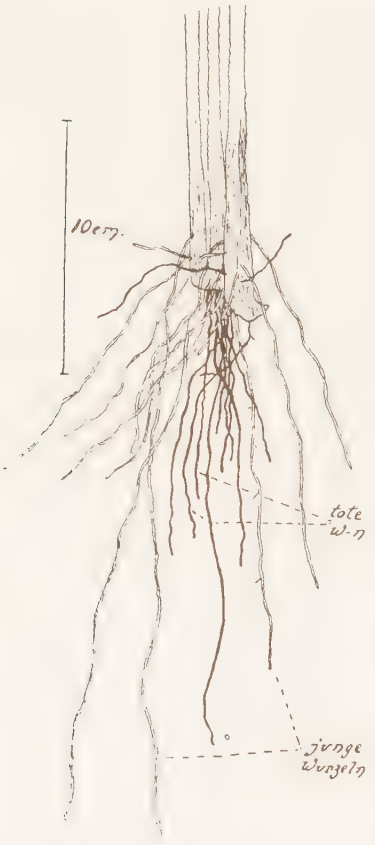


Fig. 19. *Eriophorum vaginatum*. Probefl. 85. *Sphagnum fuscum*-Bülte. 27. VI. 1928.

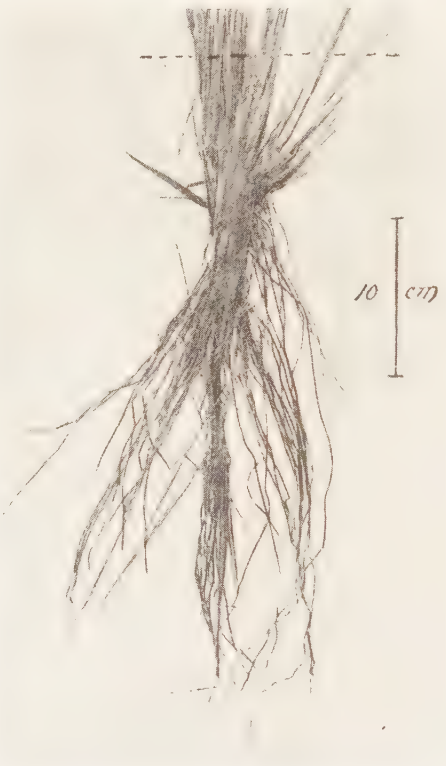


Fig. 20. *Eriophorum vaginatum*. Probefl. 85. 10. VII. 1928.

Innenrinde regelmässige tangentiale Interzellularen, gewöhnlich in 6 radiären Reihen.

P r o b e f l. 8 6 (*Scheuchzeria*-Kolkmoor, S. 48). 8. VII. 1929 (3 Indiv.).

Die Wurzeln wachsen geradeaus und schräg nach unten in den S-Torf; maximale Länge 15—20 cm; Tiefe 20—25 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.7—0.80 mm; Zentralzylinder 0.10—0.12 mm, darin 3 Gefässe (25—35 μ), 9 Leptome. Die Aussenrinde ist verholzt, darin 3—4 Zellschichten, worin keine Interzellularen vorkommen. Weisse Wurzelhaare gibt es wenigstens an den jungen Wurzeln, I. Ordn., ziemlich reichlich.

Probefl. 78 (Grossseggen-Weissmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Die Wurzeln gehen schräg abwärts in der oberen Torfschicht; Tiefe 20—25 cm; Länge 15—20 cm. Die jüngeren Wurzeln sind 10—17 cm lang. Die Wurzeln I. Ordn. 0.74 mm, Zentralzylinder 0.09—0.10 mm. In einigen Wurzeln findet sich 1 zentrales Gefäss, in anderen 3 Gefässe (20 μ), 7 Leptome. Die Epidermis und Exodermis sind aus dünnwandigen Zellen gebildet, in der Aussenrinde 3 Zellschichten, von denen wenigstens die äusserste verholzt ist. In der Innenrinde der älteren Wurzeln grosse tangentiale Interzellularen in radiären Reihen. Die Wände der Endodermis sind nicht verdickt.

Probefl. 94 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 16. VIII. 1929 (5 Indiv.).

Länge der Wurzeln I. Ordn. 12—19 cm, sie verlaufen teils gerade, teils schräg abwärts in den C-S-Torf; Tiefe 20—25 cm. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. messen 0.90—0.99 mm im Durchmesser; Zentralzylinder 0.12—0.13 mm; 4 Gefässe (25—30 μ), an der Aussenseite 9 kleine Gefässe, 9 Leptome. Epidermis kleinzellig, dünnwandig; Exodermis grosszelliger, darunter eine dreischichtige Aussenrinde, deren Wände ein wenig verdickt sind, Interzellularräume fehlen. Die Endodermis ist gelb, ihre Innenwand dick und verholzt. Dehnbarkeit der jungen Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen 5 %, die der älteren 5—10 %.

Zusammenfassung: Von der Basis des blühenden Sprosses, dessen Tiefe zwischen 10—16 cm schwankt, entspringen Seitensprosse (1—4 St.) gerade aufwärtssteigend. Im aufwärtswachsenden Moose entspringen die Sprosse weiter oben, und die alten, abgestorbenen Teile bilden Torf. Die Wurzeln gehen von der Basis der Sprosse aus, die jüngsten Wurzeln meistens höher oben; die älteren Wurzeln sterben meistens während desselben Sommers ab. Die Wurzeln wachsen geradeaus oder schräg abwärts, bisweilen im Schutze der

Blattgründe, dem Stengel parallel abwärts. Die Länge der Wurzeln schwankt zwischen 9—26 cm, die Tiefe zwischen 20—40 cm. Die in *S. fuscum*-Torf beobachtete grösste Tiefe beträgt 30—40 cm (Probefl. 85, S. 48). Wurzeln II. Ordn. finden sich sehr spärlich, Länge derselben 0.5—1.0 mm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.60—1.0 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.32—0.36 mm. Bau der Wurzeln I. Ordn.: (Fig. 18 b). Die Epidermiszellen sind klein, dünnwandig, die Exodermiszellen ein wenig grösser, dünnwandig; darunter ein 3—4-schichtiges mechanisches Gewebe, dessen Zellen etwas verdickte Wände haben, keine Interzellularen. Die Endodermiswände der jüngeren Wurzeln sind nicht verdickt, bei den älteren Wurzeln ist die Innenwand gelb, verdickt und verholzt. Bei den jüngsten Wurzeln kommen anfänglich in der Innenrinde Interzellularräume verschiedener Grösse vor, bei den älteren Wurzeln tangentiale Interzellularen in 6 radiären Reihen. Zentralzylinder 0.08—0.16 mm; darin 2—4 (meistens 3) Gefässe (20—35 μ), an deren Aussenseite 6—9 kleine Gefässe; 7—9 Leptome. Die jüngsten Wurzeln I. Ordn. sind dicht mit Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 0.37—0.60 mm beträgt; die älteren Wurzeln besitzen keine Wurzelhaare. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—10 %.

Eriophorum callitrix Cham.

Probefl. 76 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (8 Indiv.) u. 25. VII. 1930 (3 Indiv.).

Unterirdische Teile und Wuchsart wie bei *E. vaginatum*. Keine Ausläufer. Stengelbasis 4—6 cm unter der Moosfläche. Wurzelsystem: Die Wurzeln I. Ordn. sehr wenig verzweigt, dünn und schwach. Die jüngsten Wurzeln sind weiss, die älteren gelb und die ältesten braun. Die Wurzeln wachsen an der oberen Grenze des A-Torfes, horizontal und ein wenig abwärts. Länge der Wurzeln 10—15 cm, Tiefe 6—13 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.37—0.50 mm. Zentralzylinder 0.06—0.07 mm; in der Mitte 1 Gefäss oder ein Doppelgefäss (20—22 μ). Die Epidermiszellen schwinden bald, die Exodermiszellen sind gross, mit ein wenig verdickten Wänden; darunter eine aus 2 Zellschichten bestehende, etwas verdickte Aussenrinde. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume; bei den älteren Wurzeln sind die Zellen der Innenrinde ge-

schwunden, und nur der Zentralzylinder ist übriggeblieben. Wurzeln II. Ordn. finden sich sehr wenig, Dicke derselben höchstens 0.25 —0.31 mm. Wurzelhaare habe ich nicht angetroffen. (Fig. 21).

Fig. 21. *Eriophorum callitrix*. Probefl. 76. 27. VI. 1929.

Eriophorum gracile Koch.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 427) »har *Eriophorum gracile* vist oftest kun eet Sideskud; Udloberdelen kan blive 30 Cm lang eller laengere og er 1—3 Mm tyk; Skuddene som hos *E. polystachyum*, Skududviklingen ofte 2-aarig, i det der forste Aar dannes en Udlober med Bladroset og i andet Aar den blomsterbaerende Staengel».

Probefl. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 22. VI. 1929 (1 Indiv.).

Das im vorangegangenen Jahre entstandene ausläuferartige Rhizom ist noch vorhanden, 14 cm lang, 1.12 mm dick. In der Mitte des Rhizoms ein grosser Hohlraum, 0.50 mm im Durchmesser. Epidermis verhältnismässig dickwandig. In der Rinde 11—12 Lufthöhlen. Die Wurzeln I. Ordn. sind 0.37 mm dick. Exodermis dickwandig, gelblichbraun. Die Innenrinde schwindet.

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 16. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom des vorangegangenen Jahres ist teilweise ver-

fault und liegt wagerecht im A-C-Torf; die Länge des erhaltenen Teils beträgt 7—9 cm. Aus der Basis des blühenden Sprosses treibt ein neuer Ausläufer horizontal in den oberen Teil des Torfes, etwas oberhalb des älteren Rhizoms, Länge 8 -10 cm. Die Wurzeln erstrecken sich beinahe wagerecht nahe an der Oberfläche im oberen Torfe; Tiefe 5—10 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—12 cm. Man findet sowohl weisse als dunklere Wurzeln I. Ordn. Die jungen unverzweigten Wurzeln I. Ordn. sind reichlich mit Wurzelhaaren besetzt, 50 St. je 1 mm; Länge der Haare 0.37—0.62 mm. Die älteren Wurzeln sind 0.37—0.40 mm dick. Zentralzylinder 0.07 mm; in der Mitte 1 zentrales Gefäss (25 μ); 6 Leptome. Die Epidermis schwindet bei den älteren Wurzeln, desgleichen die grosszellige Exodermis. In der Aussenrinde 3 Zellschichten (Farbe braun). In der Innenrinde 6 Reihen tangentialer Interzellularräume. Die älteren Wurzeln I. Ordn. haben spärlich Wurzeln II. Ordn., Länge derselben im allgemeinen unter 1 cm, die grösste beobachtete Länge war 3.5 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.13 mm; sie sind reichlich mit weissen Wurzelhaaren versehen, deren Länge im allgemeinen 0.3—0.4 mm beträgt, bei einigen indes 0.62—1.12 mm.

Eriophorum alpinum L.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 451) sind die Halme zahlreich und gehen in dichten Reihen von einem schräg kriechenden Wurzelstock aus. Nach Klinge (1879, S. 4) »grosse Epidermis-Cellen» (S. 46), »in den Wurzeln ein einziges Gefäss». Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 428—429) »er Rhizomets Retning ret forskjellig og retter sig efter Voxestedets Beskaffenhed. Naar Planten voxer i hurtig voxende *Sphagnum*-Moser, hvilket ofte er Tilfaeldet, holder Rhizomerne skridt med *Sphagnum*-Lagets Vaext derved, at de nye Skudgenerationers Rhizomdele voxe mere eller mindre skraat opad, hvorveed Planten undgaaer at blive helt overvoxet og kvalt». Nach Stahl (1900, S. 552) sind die Wurzeln von *E. alpinum* pilzfrei.

Probefl. 71 (*Eriophorum alpinum*-Torfschlammoor, S. 45). 8. VIII. 1927 u. 16. VIII. 1929 (3 bzw. 4 Indiv.).

Die Rhizome kriechen horizontal, nahe an der Oberfläche; die Sprosse stehen dicht beieinander. Die Rhizomäste sind ganz kurz.

Wurzeln: Die dicht gedrängten Wurzeln I. Ordn. gehen sowohl horizontal als abwärts nach verschiedenen Richtungen im Oberflächentorf, Länge 4—17 cm; Tiefe 5—10 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind sehr zahlreich, Länge derselben 2—4 mm. Auch einige Wurzeln III. Ordn. kommen vor, Länge 1—2 mm. (Fig. 22). Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.25—0.34 mm; Zentralzylinder 0.14—0.15 mm, mit gewöhnlich 6, bisweilen 4 (15 μ) Gefässen. Die Epidermiszellen sind gross, in radiärer Richtung lang, dünnwandig. Weisse Wurzelhaare sind reichlich vorhanden. Länge der Wurzelhaare 0.5—1.3 mm. Die Spitzen einiger Wurzeln II.—III. Ordn. sind durch Mykorrhiza angeschwollen. Die Exodermis ist gelblichbraun, die Innenwand am meisten verdickt. Darunter eine aus 2—3 Schichten dickwandiger

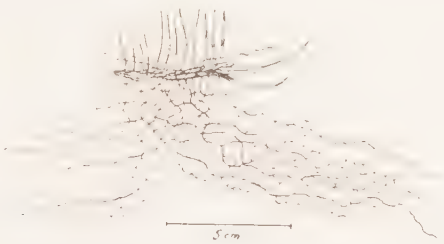


Fig. 22. *Eriophorum alpinum.* Probefl. 71. 8. VIII. 1927.

Zellen gebildete innere Aussenrinde. In der Innenrinde gewöhnlich 1 Zellschichten, 5—7 grosse Höhlen; schliesslich schwindet die Innenrinde vollständig. Im Zentralzylinder 12 Leptome; 12 kleine Gefässe. Innenwand der Endodermis dick, verholzt und gelb.

Probefl. 47 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 12. VIII. 1927 u. 23. VIII. 1929 (5 bzw. 1 Indiv.).

Die Länge der Rhizome beträgt 3—5 cm, die Dicke derselben 0.50—0.56 mm; einige Rhizome sind verzweigt. Zentralzylinder 0.31 mm; die Leitbündel konzentrisch, hadrozyklisch. Die Rhizome treiben schräg aufwärts in die Moosdecke. In der Rinde finden sich keine Interzellularräume. Die verholzte Aussenrinde besteht aus 3 Zellenschichten. Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 11—12 cm; Tiefe 5—10 cm, Dicke 0.30—0.36 mm. Wurzeln II. Ordn. sind selten.

Probefl. 30 (*Sphagnum papillosum-Carex pauciflora*-Weissmoor, S. 36). 22. VIII. 1927 (5 Indiv.).

Die Rhizome sind 4.5—8 cm lang, gekrümmt und nach oben gerichtet, dem Wachstum des *Sphagnum* folgend. Bei einem untersuchten Individuum erstreckt sich das Rhizom $2\,^1/_2$, bei einem anderen 4 und bei einem dritten 6 cm aufwärts. Bei einem Individuum erhob sich vom Rhizom ein senkrechter Ast nach oben. Die oberirdischen Sprosse entspringen aus dem Rhizom in Abständen von etwa $^1/_2$ cm voneinander und treiben gerade aufwärts. Die Wurzeln I. Ordn. wachsen eigentümlich bündelartig wenigstens aus den älteren Teilen des Rhizoms. Es gibt sowohl unverzweigte als

Fig. 23. *Eriophorum alpinum.* Probefl. 30. 22. VIII. 1927.

verzweigte Wurzeln I. Ordn. Die Wurzeln III. Ordn. sind wenig zahlreich. (Fig. 23). Viele Wurzeln wachsen schräg abwärts in den S-Torf, mehrere Wurzeln treiben auch gerade aufwärts in das lebende *Sphagnum,* bis zur Oberfläche. Die grösste Tiefe beträgt 10—15 cm. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen $3\,^1/_2$—$11\,^1/_2$ cm; Zentralzylinder 0.08—0.09 mm; 5 Gefässe (14 μ).

Probefl. 2 3 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 16. VIII. 1929 (6 Indiv.).

Das Rhizom erstreckt sich schräg, teilweise beinahe senkrecht nach oben im lebenden *Sphagnum;* Länge 8—12 cm; der oberste Teil liegt 4—8 cm höher als der älteste. Aus dem Rhizom erheben sich vereinzelte Sprosse. Dicke des Rhizoms 0.56—0.74 mm. In der Rinde verhältnismässig dickwandige Zellen, weder Interzellularen

noch Höhlen. Der Zentralzylinder ist ganz und gar verholzt und enthält 15—20 hadrozyklische Leitbündel. Durchmesser des Zentralzylinders 0.37—0.50 mm.

Wurzeln: Beinahe sämtliche Wurzeln wachsen im *Sphagnum* und gehen nach verschiedenen Richtungen, horizontal und schräg abwärts, ihre Länge beträgt 9—18 ½ cm, ihre Tiefe schwankt zwischen 5—20 cm. Die Zahl der Wurzeln ist gering; einige Wurzeln II. Ordn. kommen vor, deren Dicke 0.10—0.16 mm und deren Länge 2—10 mm beträgt. Die Epidermiszellen sind gross, dünnwandig. Weisse Wurzelhaare finden sich ca. 15 –20 pro 1 mm. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. bilden sich 1 oder 2 dickliche Wurzeln II. Ordn. Die Wurzeln I. Ordn. haben 6 Gefässe, einige von diesen können Doppelgefässe vorstellen; 10 12 Leptome. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10 -15%.

Probefl. 52 (Braunmoor, S. 41). 29. VI. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom kriecht im Oberflächentorf. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.28—0.35 mm, Zentralzylinder 0.12 mm, darin 6 Gefässe (15 μ). Epidermiszellen gross; die Epidermis der älteren Wurzeln schwindet. Die Aussen- und Innenwände der Exodermiszellen sind verdickt. Unten eine aus 2 Zellschichten bestehende (gelbe) Schutzscheide. Die Innenrinde schwindet schliesslich ganz. Endodermis gelb; Innenwand dick. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—15 %.

Probefl. 55 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom kriecht im Oberflächentorf, beinahe horizontal. Die Wurzeln sind reich verzweigt. Länge der Wurzeln I. Ordn. 12—16 cm; Tiefe 5—10 cm.

Zusammenfassung: Wie Raunkiaer (S. 428) erwähnt, hängt die Wachstumsrichtung des Rhizoms von der Art des Standortes ab, indem es in rasch wachsendem *Sphagnum* aufwärts treibt und sich auch häufig nach oben verzweigt, in härteren Böden oder festerem Torf aber beinahe horizontal wächst. Länge des Rhizoms 3—12 cm, Dicke desselben 0.50 0.74 mm. In der Rinde des Rhizoms sieht man verhältnismässig dickwandige Zellen, aber keine Interzellularräume. Der Zentralzylinder ist verholzt und enthält 15—20 hadrozyklische Leitbündel; Dicke des Zentralzylinders 0.31 0.50 mm. Bei Individuen, die in lockerem Torfe wachsen, stehen die Sprosse ziemlich weit, etwa ½ cm voneinander entfernt; in

festerem Torf stehen sie dichter. Wurzelsystem: In schnell wachsendem und dickem *Sphagnum* sind die Wurzeln lang, verhältnismässig spärlich verästelt; am längsten sind die Wurzeln bei Individuen, die im *Sphagnum* der Wassergruben wachsen. Bei den in vermodertem Torf lebenden Individuen sind die Wurzeln am reichsten verzweigt, weshalb das Wurzelsystem dort dicht ist. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 3.5—18.5 cm, die Dicke zwischen 0.25—0.36 mm. An wässrigen Standorten (Probefl. 23) kommen spärlich Wurzeln II. Ordn. vor, Länge derselben 2—10 mm, Dicke 0.10—0.16 mm; die in festerem Torf (Probefl. 71) wachsenden Individuen haben ein wenig kürzere, 2—4 mm lange Wurzeln II. Ordn. und 1—2 mm lange Wurzeln III. Ordn. Die Tiefe der Wurzeln schwankt zwischen 5—20 cm, in Braunmoortorf (Probefl. 47) zwischen 5—10 cm und in einer wassergefüllten Grube zwischen 5—20 cm. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Die Epidermiszellen sind gross, in radiärer Richtung länglich, dünnwandig; bei den alten Wurzeln schwindet die Epidermis. An den jüngeren Wurzeln finden sich verhältnismässig reichlich (15—20 Stück pro 1 mm) 0.5—1.3 mm lange Wurzelhaare. Exodermis gelblichbraun, die Innenwand und bisweilen auch die Aussenwand verdickt. In der Aussenrinde noch 2—3 Zellschichten, in denen die Zellen dickwandig und gelb sind. In der Innenrinde 4 Zellschichten, 5—7 grosse Höhlen; schliesslich schwindet die Innenrinde völlig. Zentralzylinder 0.08—0.15 mm (meistens 0.14—0.15 mm); 4—6 Gefässe (14—15 μ), an der Aussenseite 12 kleine Gefässe, 10—12 Leptome. Die Innenwand der Endodermis ist gelb, verholzt. (Fig. 24). Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—15 %.

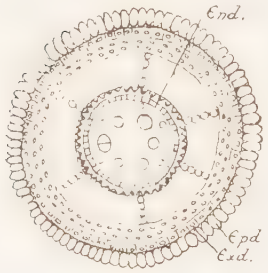


Fig. 24.
Eriophorum alpinum
Wurzel I. Ordn.

Scirpus caespitosus L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, 5. Aufl., S. 81) ist das Rhizom ungegliedert, senkrecht im Boden sitzend. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 436 u. 439) »er Vaexten uden Udlobere.

Den danner faste, taette Tuer, der kunne blive indtil 25 Ctm i Tvermaal eller endnu storre»; »vel ere kun 3–5 Aargange Skud i levende Forbindelse med hverendre paa samme Tid, men de Hele sammenholdes af de døde Skuds laenge vedvarende Rester». Nach Stahl (1900, S. 552) sind die Wurzeln pilzfrei. Weber (1902, S. 17) erwähnt die verschiedene Länge der unterirdischen Sympodien an verschiedenen Standorten. In langsam wachsendem *Sphagnum* und auf trockenem Torfboden sind die Sympodialglieder sehr kurz und haben wenig, häufig bloss 1—3, Internodien. Die Pflanze ähnelt dann den ± rasigen Gräsern. Wenn die Pflanze in schnell wachsendem *Sphagnum* vorkommt, nimmt sie rasch an Länge zu und treibt infolge des Lichtmangels, der zunehmenden Bodennässe und namentlich der erschwerten Luftzufuhr gerade aufwärts, um mit dem *Sphagnum* gleichen Schritt zu halten. Die Sprosse gehen dann nur aufwärts, denn sonst würde die Pflanze unter dem Moos bleiben und zu Grunde gehen. Der Jahreszuwachs beträgt 20—25 mm. Kotilainen (1927, S. 72–73) macht auf die Unterschiede aufmerksam, die in der Wuchsform der Art zu beobachten sind, wenn sie in sauerem (ph 3.1–3.2) und in weniger sauerem Torf wächst. »Während sie auf sauerem Torfboden gewöhnlich in grossen Rasen wächst, ist ihre Wuchsform auf Braunmooren fast ausnahmslos eine andere. Sie wächst nämlich auf weniger sauerem Torfboden nur in kleinen lockeren, einzelnen Rasen. Der Gedanke drängt sich zunächst auf, dass es sich wenigstens um standörtlich verschiedene Biotypen handelt.» Kotilainen hat die Wurzeln der betreffenden Art nicht berücksichtigt.

P r o b e f l. 5 6 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 11. VII. 1927 (5 Indiv., ganz kleine Rasen).

Die Spitze des R h i z o m s steckt 3–5 cm tief im Boden; bei einigen Individuen kriecht das Rhizom teilweise horizontal der Moos- und Torfgrenze parallel. Die Wurzeln I. Ordn. sind dimorph: 1) unverzweigte junge Wurzeln und 2) verzweigte Wurzeln. Die längsten verzweigten Wurzeln sind 9.2–11.5 cm lang; die Wurzeln II. Ordn. sind aber nicht zahlreich und weisen eine Länge von 3—4 cm auf. Wurzeln III. Ordn. gibt es sehr wenig, Länge derselben 2–3 mm. Die maximale Länge der unverzweigten Wurzeln I. Ordn. beträgt 4—6.5 cm. Die Wurzeln wachsen meistens horizontal an der Moos- und Torfgrenze; einige Wurzeln II. Ordn. gehen gerade aufwärts in das

Moos. Tiefe der Wurzeln 5 –10 cm. (Fig. 25). Maximale Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.48—0.56 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.25 mm, 6 Gefässe (20—23 μ). Epidermiszellen dünnwandig, in der Aussenrinde eine aus 3—4 Zellschichten (kleine Zellen) bestehende Schutzscheide, die keine Interzellularräume enthält. In der Innenrinde 5—6 Zellschichten; die Innenrinde schwindet zuletzt. Innenwand der Endodermis verdickt. Die Zellen des Perizykels sind gross, in radiärer Richtung länglich. Weisse Wurzelhaare kommen ziemlich reichlich vor, Länge derselben 0.20—0.41 mm. Die haarlose Spitze der jungen Wurzeln I. Ordn. ist etwa 6 mm lang.

Fig. 25. *Scirpus caespitosus*. Probefl. 56. 11. VII. 1927.

P r o b e f l. 8 8 (Kolkmoor oder *Sphagnum tenellum*-reiche Siedlung, S. 49). 8. VIII. 1929 (4 Indiv.).

Das R h i z o m, dessen Länge 6—8 cm beträgt, gabelt sich sympodial und wächst, nach oben länger werdend, im *Sphagnum*. Die W u r z e l n gehen in verschiedener Höhe von den Ästen des Rhizoms aus, die höher entspringenden verlaufen beinahe horizontal in dem *Sphagnum;* die tiefer, aus den älteren Teilen des Rhizoms entspringenden Wurzeln sind häufig abgestorben. Länge der Wurzeln I. Ordn. 28 –48 cm, Tiefe 25— 30 cm. (Fig. 26 a). Die Zahl der Wurzeln II. Ordn. ist nicht sehr gross; Länge derselben 0.5 2.5 cm; Dicke 0.20—0.28 mm. Die Spitzen der Wurzeln II. Ordn. sind infolge der in ihnen befindlichen Mykorrhiza angeschwollen. Die Wurzeln II. Ordn. sind sehr reich mit Wurzelhaaren besetzt, etwa 30 Stück je 1 mm; die Haare sind hellgelb und 0.13 0.71 mm lang. Wurzeln III. Ordn. gibt es

sehr wenig, sie sind 0.5 cm lang, 0.15—0.16 mm dick und reichlich mit Wurzelhaaren versehen, deren Länge 0.70—1.24 mm beträgt. Die Wurzeln III. Ordn. weisen auch reichlich sowohl Ekto- als Endomykorrhiza auf und sind dann angeschwollen. Dicke der Wur-

Fig. 26. *Sirpus caespitosus*.
a. Probefl. 88. 8. VIII. 1929. *b*. Probefl. 98. 1. VII. 1929.

gross und dünnwandig. Die Exodermis ist kleinzellig, ihre Innenwand verdickt. Darunter eine aus 3 Zellschichten bestehende Schutzscheide. In der Innenrinde 6 Zellschichten; tangentiale Interzellularzeln I. Ordn. 0.56—0.62 mm; Zentralzylinder der jungen Wurzeln I. Ordn. 0.12—0.16 mm; darin 3 Gefässe (15—18 μ). Die jungen Wurzeln I. Ordn. besitzen Wurzelhaare. Der Zentralzylinder der älteren Wurzeln I. Ordn. misst 0.25 mm im Durchmesser; 7 Gefässe (15 20 μ), 13 14 Leptome. Die Epidermiszellen sind rund,

räume; zuletzt schwindet die Innenrinde völlig. Die Innenwand der Endodermis verdickt. Dennbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20–25 %.

P r o b e f l. 8 9 (Kolkmoor, S. 49). 8. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die Internodien der Rhizomäste sind kurz, weshalb sehr dichte Rasen entstehen. Oben im Moos verlaufen horizontale, dünne Wurzeln von 5 –12 cm Länge. Etwas tiefer unten gehen lange, starke Wurzeln I. Ordn. aus, die 30—40 cm tief in den S-Torf dringen. Länge der Wurzeln im allgemeinen 36—48, mitunter über 50 cm. Verzweigung wie auf der vorigen Probefläche, innerer Bau desgleichen. (Fig. 27).

P r o b e f l. 9 7 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte, S. 51). 4. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das 8 –10 cm lange Rhizom gabelt sich sympodial und wächst aufwärts in der *Sphagnum*-usw. Bülte. Es entsendet lange starke Wurzeln I. Ordn. in den Torf; Länge 20 –30 cm, Dicke 0.52—0.60 mm. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt und gehen höchstens 25–30 cm tief. Wurzelhaare finden sich an den jungen Wurzeln I. Ordn. sowie an den Wurzeln II. und III. Ordn. Länge der Wurzelhaare 0.74 –0.87 mm. An den Wurzeln II. und III. Ordn. findet sich Mykorrhiza.

P r o b e f l. 9 8 (Braunmoor-Reisermoor, Schlenke, S. 51). 4. VII. 1929 (6 Indiv.).

Wachsen in ganz kleinen Rasen mit spärlichen Halmen. Es gibt sowohl unverzweigte, junge Wurzeln I. Ordn. als verzweigte Wurzeln. Die Wurzeln streichen wagerecht nahe an der Oberfläche. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—14 cm; Tiefe etwa 5 cm. (Fig. 26 b). Maximale Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.87 mm. Die Wurzeln II. Ordn. sind 3—6, die III. Ordn. etwa 0.5 cm lang. Auch Wurzeln IV. Ordn. kommen vor. Die verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind dünner als die unverzweigten. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen 2 –3 dicke Wurzeln II. Ordn. Die Wurzeln II. und III. Ordn. sind öfters angeschwollen und enthalten Mykorrhiza.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m treibt senkrecht aufwärts im rasch wachsenden *Sphagnum* (Probefl. 88 u. 97). Im A-C-Torf (Probefl. 56 u. 98) liegt das Rhizom beinahe horizontal, nahe an der Oberfläche. Die W u r z e l n stossen im A-C-Torf in eine Tiefe von 5—10 cm (Probefl. 56 u. 98) und wachsen meistens horizontal; die 4—14 cm langen Wurzeln reichen nicht bis zum Grund-

wasser. Die jungen Wurzeln sind unverzweigt, die älteren ziemlich reich verzweigt; es finden sich an ihnen Wurzeln II.—IV. Ordn. Auf jenen Probeflächen beträgt pH 5.1—5.9. $H_3B_{3-4}F_0R_2$. Auf der Probefläche 97 dringen die Wurzeln 25—30 cm in den unter dem

Fig. 27. *Scirpus caespitosus.* Probefl. 89. 8. VIII. 1929.

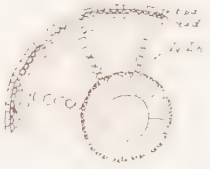


Fig. 28. *Scirpus caespitosus.* Ältere Wurzel I. Ordn.

S-Torf befindlichen A-C-Torf ein, wo pH = 6.10 ist. Auf der Probefläche 88, im S-Torf, sind die Wurzeln lang, und zwar 28—48 cm. Auf der Probefläche 89 beträgt die Länge der Wurzeln I. Ordn. 36—50 cm, und sie erstrecken sich 30—40 cm tief in den C-S-Torf. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.48—0.87 mm, allgemeine Dicke 0.52—0.62 mm. Die Epidermiszellen sind gross, rund, dünnwandig, die Exodermiszellen klein mit einer ein wenig verdickten Innenwand; darunter

eine aus 3—4 Zellschichten bestehende Schutzscheide, die keine Interzellularräume enthält. In der Innenrinde 5—6 Zellschichten und tangentiale Interzellularen; in den älteren Wurzeln sind die Zellen der Innenrinde vollständig geschwunden. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt. Der Zentralzylinder der älteren Wurzeln misst 0.25 mm im Durchmesser und enthält 6—7 Gefässe (15—23 μ), 13—14 Leptome. Die Zellen des Perizykels sind gross und in radiärer Richtung länglich. (Fig. 28). Der Zentralzylinder der jungen Wurzeln I. Ordn. hat einen Durchmesser von 0.12—0.16 mm und enthält 3 Gefässe (15—18 μ). Hellgelbe Wurzelhaare finden sich reichlich an den jungen Wurzeln I. Ordn. und an den Wurzeln II.—IV. Ordn.; Länge bei der Wurzelhaare bei den jungen Wurzeln I. Ordn. 0.20—0.41 mm, den anderen Wurzeln 0.70—1.24 mm. (Die Wurzeln II. Ordn. haben etwa 30 Wurzelhaare pro 1 mm.) Die Wurzeln II.—IV. Ordn. enthalten auch Mykorrhiza (Ekto- und Endomykorrhiza), weshalb die Wurzeln oft an der Spitze angeschwollen sind. Nach Stahl sind die Wurzeln pilzfrei. Länge der Wurzeln II. Ordn. im A-C-Torf 3—6, cm im S-Torf 0.5—2.5 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.28 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. höchstens 0.5 cm, Dicke 0.15—0.16 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—25 %.

Rhynchospora alba L.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 444) entspringen die Halme einzeln oder undicht rasig aus einem sehr kurzen Rhizom. Nach Hallier (1881, 5. Aufl. S. 66) ist das Rhizom kurz, ungegliedert

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 11. VII. 1927 u. 16. VII. 1929 (10 bzw. 4 Indiv.). Von der Stengelbasis, die etwa 2 cm tief im Moos sitzt, gehen dimorphe Wurzeln aus, nämlich: 1) unverzweigte, 0.35—0.43 mm dicke und 2) ziemlich spärlich verzweigte, 0.32—0.37 mm dicke Wurzeln. Die unverzweigten Wurzeln verlaufen horizontal an der Grenze des lebenden Mooses und des Torfes, die verzweigten gehen in den Torf. Länge der Wurzeln 7—9.2 cm; Tiefe 2—10 cm, die meisten 4—6 cm. Die zartesten Zweige der Wurzeln sind 0.12 mm dick. Bei den älteren Individuen ist das welke kurze Rhizom erhalten, Länge desselben etwa 1 cm. (Fig. 29). Der Zentralzylinder der dickeren Wurzeln misst 0.07—0.08 mm im Durch-

messer und enthält 1 zentrales Gefäss (22 μ); an der Aussenseite finden sich 6 kleine Gefässe. Die Epidermiszellen sind gross, dünnwandig, darunter eine kleinzellige Exodermis. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Wurzelhaare kommen ziemlich reichlich vor, Länge derselben etwa 0.25—0.50, mitunter 0.75 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn.

Fig. 29. *Rhynchospora alba*. Probefl. 56. 11. VII. 1927.

0.10—0.11 mm. An den Wurzeln I. Ordn. etwa 30—40 Wurzelhaare je 1 mm, an den Wurzeln II. Ordn. etwa 20 je 1 mm; Länge der Haare 0.62—0.87 mm.

Carex vesicaria L.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 464): »I Regeln har kun eet, det nederste, af Skuddene en vandret Udloberdel, og denne er forholdsvis kort, oftes kun 2—5 ctm. lang.» Nach Hegi (1906, S. 126) erzeugt die Pflanze »unterirdische, kriechende kräftige Ausläufer».

Probefl. 38 (Seggenreisermoor, S. 38). 12. VIII. 1928 u. 12. VII. 1929 (1 bzw. 2 Indiv.).

Das Rhizom, das sich sympodial gabelt, liegt wagerecht ganz oben im Torf, Länge 15—25 cm; die Stengelglieder sind 1.5—5 cm lang und 3—4 mm dick. Die dicken Wurzeln I. Ordn. gehen schräg nach beiden Seiten vom Rhizom aus und nicht gerade abwärts; Tiefe 5—10 cm. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. sind 2.0 mm dick, Zentralzylinder 0.48 mm; darin finden sich 10 grosse Gefässe

(40—45 μ), an deren Aussenseite 24 kleine Gefässe. Die Wurzeln sind reichlich mit farblosen Wurzelhaaren versehen. In den jungen Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 1.0—1.08 mm beträgt, misst der Zentralzylinder 0.18 mm im Durchmesser und enthält 5—7 ringförmig angeordnete Gefässe (30 μ), an deren Aussenseite 14 kleine Gefässe liegen. Die Wurzelhaare sind hier 0.74—0.80 mm lang. Die am reichsten verzweigten Wurzeln erstrecken sich beinahe horizontal, nahe an der Oberfläche. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.12 mm, die Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.10 mm dick. Die Wurzeln II. und III. Ordn. sind dicht mit Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 0.8—1.2 mm beträgt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35 %.

P r o b e f l. 3 7 (Überschwemmungsmoor, S. 38). 12. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m ist 2.8—4.0 mm dick, kriecht in beinahe horizontaler Lage 2—3 cm unterhalb der Oberfläche. Die Aussenrinde teilweise verholzt, enthält aus Holzfibern gebildete Bündel. In der Rinde finden sich keine Lufthöhlen; im Zentrum ein Leitbündel. Die W u r z e l n sind gelblichbraun, wachsen meistens wagerecht an der dünnen Torf- und Lehmgrenze. Die Wurzeln winden sich an den ihnen den Weg im Torf versperrenden Holzstücken, grösseren Wurzeln usw. vorbei. Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 20—38 cm; Tiefe 5—10 cm. An der Basis der oberirdischen Sprosse entspringen dünne Wurzeln I. Ordn., Dicke 0.40 mm. Diese sind verhältnismässig dicht verzweigt. Maximale Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.88—1.12 mm; Zentralzylinder 0.20—0.25 mm; 7 grosse Gefässe (25 μ), an der Aussenseite 15 kleine Gefässe; 16—17 Leptome. In der Innenrinde 12 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Epidermiszellen ziemlich gross. Wurzelhaare verhältnismässig reichlich, Länge 0.31—0.36 mm. In der Aussenrinde 4—5 Schichten verholzter kleiner Zellen; keine Interzellularen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—30 %. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—5 cm, Dicke 0.18—0.22 mm. Am reichlichsten behaart sind die Wurzeln II. und III. Ordn.; Länge der Haare 0.62—0.84 mm; Anzahl derselben etwa 30 je 1 mm. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. bilden sich starke Wurzeln II Ordn.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 31. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m verläuft horizontal in einer Tiefe von ca. 3—5 cm;

Dicke desselben 3—4 mm. Die Wurzeln sind trimorph, nämlich: 1) beinahe unverzweigte, etwa 1.0 mm dicke Wurzeln, 2) spärlich verzweigte, 0.8—1.0 mm dicke Wurzeln, von denen diejenigen II. Ordn. 1—1.5 cm lang sind, und 3) zartere, ganz oberflächlich wachsende Wurzeln, deren Dicke 0.60—0.68 mm beträgt. (Fig. 30). Die letzterwähnten Wurzeln sind am reichsten verzweigt und haben 4—6 cm lange und 0.20 mm dicke Wurzeln II. Ordn.; an diesen finden sich 30 0.37 –0.62 mm lange Wurzelhaare je 1 mm. Die Wurzeln III.

Fig. 30. *Carex vesicaria*. Probefl. 16. 31. VII. 1929.

Ordn. sind 0.12 mm dick und besitzen etwa 20 Wurzelhaare pro 1 mm; Länge der Haare 0.8—1.0 mm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 20—29 cm lang (auf einem Weissmoor (Probefl. 37) sind sie länger, auf einem Bruchmoor (Probefl. 16) kürzer); Tiefe 10—15 cm. Eine ziemlich spärlich verzweigte Wurzel I. Ordn. ist 0.93 mm dick, Zentralzylinder 0.25 mm; 8—9 Gefässe (25—30 μ), 20 Leptome. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in 20 radiären Reihen.

Zusammenfassung: Das Rhizom sitzt beinahe horizontal nahe an der Oberfläche; gabelt sich sympodial; Länge 15—25 cm, Dicke 2.8—4 cm; die Länge der Internodien schwankt zwischen 1.5—5 cm. In der Rinde des Rhizoms finden sich keine Lufthöhlen, die Aussenrinde ist teilweise verholzt. Die Wurzeln I. Ordn. sind trimorph: 1) beinahe unverzweigte Wurzeln, deren

Dicke zwischen 1—2 mm schwankt, 2) verzweigte Wurzeln, deren Dicke 0.8—1.12 mm beträgt, und 3) reich verzweigte dünnere Wurzeln, die 0.40—0.68 mm dick sind. Länge der Wurzeln I. Ordn. 20—38 cm. Die Wurzeln wachsen meistens horizontal nahe an der Oberfläche oder schräg abwärts; Tiefe auf der Probefläche 16: 10—15 cm, auf der Probefläche 37: 5—10 cm. Die Wurzeln sind gelblichbraun. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—35 %. Länge der Wurzeln I. Ordn. 1—6 cm, Dicke 0.12—0.22 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.12 mm. Farblose Wurzelhaare kommen an den jungen Wurzeln I. Ordn. sowie an den Wurzeln II. und III. Ordn. vor; die Länge der Haare schwankt zwischen 0.37—1.2 mm. Es finden sich 20—30 Wurzelhaare pro 1 mm. Die längsten Haare sind an den Wurzeln III. Ordn. zu beobachten. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Epidermiszellen ziemlich gross, in der Aussenrinde 4—5 Schichten kleiner Zellen ohne Interzellularen. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in 12—20 radiären Reihen. Der Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. schwankt je nach der Dicke der Wurzeln zwischen 0.18—0.48 mm (er beträgt z. B. bei 0.93 mm dicken Wurzeln 0.25 mm). Im Zentralzylinder 5—10 (häufig 7—8) Gefässe (25—45 μ), an der Aussenseite 14—24 kleine Gefässe, 16—20 Leptome.

Carex rostrata With.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 464) ist der Rhizomteil bis 25 cm lang, aus bis 16 Stengelgliedern zusammengesetzt. Nach Hegi (1906, S. 118) erzeugt diese Art unterirdisch kriechende Ausläufer. Kotilainen (1927, S. 68—69) bemerkt, dass diese Art sehr oft auf dem allersauersten Torfe, aber auch auf schwächer sauerem Torf gedeiht. »Man könnte annehmen, dass sich das Wurzelsystem der Art tiefer erstrecke, wo der Torf in bezug auf die Azidität anders als der Oberflächentorf ist.»

Probefl. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 5. VIII. 1927 (1 Indiv.).

Die Rhizome sind lang, 4—5 mm dick. Länge der Wurzeln I. Ordn. 12.5—20.5 cm, Tiefe 15—20 cm, Dicke höchstens 1.8 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. etwa 25 %. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—2.5 cm.

P r o b e f l. 1 0 6 (Torfbodenwiese, S. 52). 6. VII. 1928 (2 Indiv.).

Ein starkes, sympodial gegabeltes Rhizom beinahe horizontal etwa 2—3 cm tief im Torfe; Länge 20—25 cm. Dimorphe Wurzeln: 1) ganz oberflächlich verlaufende feine, reich verzweigte und 2) dicke, 1.0—1.5 mm im Durchmesser haltende, tiefer gehende Wurzeln. Länge der dickeren Wurzeln 12—16 cm, Tiefe 10—15 cm. Auch die dickeren Wurzeln sind dicht verzweigt.

P r o b e f l. 3 5 (Überwachsungsmoor, S. 37). 16. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Die Basis des blühenden Stengels sitzt etwa 10 cm tief im *Sphagnum*. An derselben entspringt ein 25 cm langer, horizontal im Moos hingehender Ausläufer, dessen Spitze sich gerade aufwärts krümmt. Vom alten Rhizom ist nur ein kurzer abgestorbener Teil vorhanden. Von der Basis des Stengels gehen dimorphe Wurzeln I. Ordn. aus, die einen sind spärlich verzweigt und etwa 2 cm dick, die anderen dicht verzweigt und etwa 0.74 mm dick. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.16—0.18 mm, die Wurzeln III. Ordn. 0.10—0.11 mm dick. Alle Wurzeln I. Ordn. (namentlich die feineren) besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.50—0.62 mm beträgt. An den Wurzeln II. und III. Ordn. finden sich sehr wenig Wurzelhaare. Zentralzylinder der dicken Wurzeln I. Ordn. 0.40 mm, 8—10 Gefässe im Kreise (35—40 μ); an der Aussenseite zahlreiche kleine Gefässe. Der im Wasser befindliche Teil der meisten dicken Wurzeln I. Ordn. ist verfault oder abgebrochen; an der abgebrochenen Spitze haben sich neue dicke Wurzeln II. Ordn. gebildet; Dicke dieser Wurzeln II. Ordn. 1.12 mm.

P r o b e f l. 2 7 (Weidenau, S. 35). 26. VI. 1929 (4 Indiv.).

Die Basis der Stengel steckt 15—20 cm tief im wässrigen, dyigen Torf. Die Länge der horizontalen Ausläufer schwankt zwischen 10—40 cm. Das Rhizom und die Ausläufer sind etwa 3 mm dick. In der Rinde des Rhizoms finden sich grosse Lufthöhlen. An der Basis der Stengel entspringen zahlreiche, sehr dicht verzweigte Wurzeln, deren Spitzen besonders reich verzweigt sind. Es gibt sogar Wurzeln V. Ordn. Maximale Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.8 mm, ihr Zentralzylinder misst 0.30—0.35 mm im Durchmesser und enthält 11—12 Gefässe (30 μ). In der Innenrinde grosse tangentiale Interzellularen in 16 radiären Reihen. In der Aussenrinde eine aus 4 Zellschichten bestehende interzellularlose Scheide, deren Zellen aber nicht hoch-

gradig verdickte Wände aufweisen. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.12 mm, die feinsten Wurzeln (V. Ordn.) 0.06 mm dick. Es gibt auch spärlich verzweigte Wurzeln I. Ordn. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—6 cm. Die Wurzeln besitzen spärlich oder gar keine Wurzelhaare.

P r o b e f l. 5 9 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 43). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die Basis der Stengel befindet sich 8 –10 cm unter der Oberfläche. Das Rhizom verläuft horizontal. Dimorphe Wurzeln: reich verzweigte Oberflächenwurzeln, die horizontal wachsen, und dickere Wurzeln I. Ordn., die gerade abwärts, 30—50 cm tief in den Torf und bis an die Lehmgrenze vorstossen. Ein Teil der tiefgehenden Wurzeln ist indes abgestorben. Die dicken Wurzeln I. Ordn. sind 1.5 mm dick, gelblichbraun.

P r o b e f l. 5 7 (mit Wasser gefüllter Graben, Rimpi-Braunmoor, S. 42). 16. VII. 1929 (3 Indiv.). Die Ausläufer stecken im Bodendy, in horizontaler Lage; Länge derselben 25 –40 cm. An der Spitze eines bewurzelten Ausläufers dicke weisse Wurzeln. An der Basis des blühenden Sprosses gehen reich verzweigte gelbe Wurzeln aus, deren Länge bei einem Individuum 18—20 cm, bei einem anderen 20—30 cm beträgt. Tiefe der Wurzeln 15 –20 cm.

P r o b e f l. 2 5 (Wassergrube, S. 35). 13. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Länge der horizontalen Ausläufer 50—80 cm. In der Rinde der Ausläufer grosse Lufthöhlen.

P r o b e f l. 2 9 (Kolkmoor, S. 36). 6. VII. 1928 u. 13. VIII. 1929 (3 bzw. 4 Indiv.).

Die Basis der Stengel mit den daran entspringenden horizontalen Ausläufern liegt 10—20 cm unter der Torfoberfläche. Dicke des R h i z o m s etwa 4 mm; Länge der Internodien 3—4 cm. Länge der Ausläufer 40—60 cm, Dicke 3.5—4 mm; die Niederblätter umgeben dieselben scheidenartig. Im Rindengewebe der Ausläufer 25—30 grosse Lufthöhlen in radiärer Lage. Zentralzylinder 1.6 mm. Leitbündel kollateral. Im Zentrum des Ausläufers eine grosse Lufthöhle, die schon mit blossem Auge sichtbar ist. Gelbe W u r z e l n gehen von den Stengelbasen, den Knoten und Spitzen der Ausläufer aus und verlaufen teils horizontal, teils schräg und gerade abwärts. Die Wurzeln I. Ordn. sind dimorph: 1) junge unverzweigte und 2) ältere verzweigte Wurzeln. Länge der Wurzeln I. Ordn. 20—35 cm, Tiefe im allgemeinen 20—25 cm, mitunter 30 cm.

Maximale Länge (13. VIII.) 53—86 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.6—2.0 mm; Zentralzylinder 0.32—0.40 mm. In den älteren Wurzeln finden sich 9 Gefässe (30—35 μ), in den jungen Wurzeln I. Ordn. 8 Gefässe (30 μ), an der Aussenseite aus kleinen Gefässen gebildete Gruppen. Die Epidermiszellen sind zum Teil geschwunden, unten eine aus 1—2 Zellschichten bestehende Exodermis, deren Wände ein wenig verdickt sind. In der Innenrinde 10 radiäre Reihen tangentialer Interzellularen. An den jungen Wurzeln I. Ordn. verhältnismässig reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.2—0.52 mm beträgt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 6—11 cm, Dicke im allgemeinen 0.12 mm, am zahlreichsten kommen sie an den Spitzen der Wurzeln I. Ordn. vor. Einige Wurzeln II. Ordn. sind 0.72 mm. dick. An den Wurzeln II. Ordn. finden sich wenig Wurzelhaare, etwa 10—15 pro 1 mm, Länge der Haare 0.4—0.8 mm. Wurzeln III. Ordn. sind selten, Dicke derselben 0.02—0.08 mm. Dehnbarkeit der dicksten Wurzeln I. Ordn. 40—45 %.

P r o b e f l. 5 2 (*Amblystegium*-Braunmoor, S. 41). 29. VI. 1929 (1 Indiv.).

Dicke der untersuchten Wurzeln I. Ordn. 1.36 mm; Zentralzylinder 0.31 mm, 10 Gefässe (30 μ); 19 Leptome. Die Epidermiszellen klein, dünnwandig, die Exodermiszellen dickwandiger, gelb. In der Aussenrinde noch 3—4 Zellschichten. In der Innenrinde tangentiale Interzellularen in 12—13 radiären Reihen.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m gabelt sich sympodial, wächst in festerem Boden (z. B. Probefl. 59 u. 106) beinahe horizontal, in lockrerem Torf (Probefl. 29) gerade aufwärts. Die Länge schwankt zwischen 10—25 cm, die Dicke zwischen 3—5 mm; Länge der Internodien 3—4 cm. In der Rinde 25—30 grosse Lufthöhlen in radiärer Lage; in der Mitte eine grosse Lufthöhle. Zentralzylinder 1.6 mm. Leitbündel kollateral. An der Basis der blühenden Sprosse gehen horizontale unterirdische A u s l ä u f e r aus, deren Länge 25—80 cm beträgt. In der Mitte des Ausläufers eine grosse Lufthöhle. An den Knoten des Rhizoms und der Basis der oberirdischen Sprosse gehen dimorphe W u r z e l n I. Ordn. aus: 1) spärlich verzweigte dicke Wurzeln und 2) reichlich verzweigte dünnere Wurzeln. Die jüngsten Wurzeln I. Ordn., die an den Spitzen der Ausläufer entspringen, sind weiss und ganz unverzweigt. Die feinsten verzweigten Wurzeln wachsen meistens horizontal, nahe an

der Oberfläche. Die dicken Wurzeln I. Ordn. sind 1.5—2.0 mm, die feineren Wurzeln I. Ordn. etwa 0.74 mm dick. Die dickeren Wurzeln gehen schräg oder gerade abwärts; die Länge dieser Wurzeln schwankt zwischen 12.5—35 cm, auf der Probefl. 29 (Kolkmoor; C-S-T; H_2B_{3-4}) zwischen 53—86 cm. Die maximale Tiefe der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 10—50 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25—45 %. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—11 cm, Dicke 0.12—0.18 mm (die an der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsenden Wurzeln II. Ordn. können 1.12 mm dick sein). Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.11 mm, die feinsten Wurzeln (V. Ordn.) sind 0.06 mm dick. Bau der Wurzeln I. Ordn.: Der Zentralzylinder der 1.6—2.0 mm dicken Wurzel misst 0.32—0.40 im Durchmesser und enthält 8—12 Gefässe (30—40 μ); an der Aussenseite zahlreiche kleine Gefässe, häufig 19 Leptome. Die Epidermiszellen sind klein, dünnwandig, öfters schwindend. Die Exodermis ist 1—2-schichtig, noch Zellwände sind teilweise verdickt, gelb. In der Aussenrinde die 3—4 Zellschichten, ohne Interzellularen. In der Innenrinde 10—16 radiäre Reihen tangentialer Interzellularen. An den jungen Wurzeln I. Ordn. finden sich reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.20—0.62 mm beträgt; an den Wurzeln II. und III. Ordn. sieht man spärlich Wurzelhaare, z. B. 10—15 pro 1 mm; Länge der Wurzelhaare 0.4—0.8 mm. Bei den auf hartem Boden (Probefl. 106) wachsenden Individuen sind alle Wurzeln I. Ordn reich verzweigt.

Carex filiformis L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 176) ist das Rhizom wagerecht liegend, ungegliedert, ausläuferbildend. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 463) »kan Udløberdelen vare indtil 30 Ctm lang, med idetmindste indtil 23 Staengelled, og 2—4 mm tyk. Ofte ser man ogsaa kortleddede Skudkjaeder af bueformet opstigende Skud; de senere Skuds Rhizomdel kommer her til at ligge høiere i Jorden end de tidligere; jeg har da seet, at naar Rhizomet er naaet til en vis Høide i Jorden, saa voxede Knopperne ofte, istedet for at danne et bueformet opstigende Skud, naesten lodret nedad i en større eller mindre Straekning og bøide først da vandret ud til Siden, hvorved Skudkjaedens Niveau saenkedes». Nach Lin-

KOLA (1921, S. 231) wächst *C. filiformis* auf den verschiedensten Mooren. Auch nach KOTILAINEN (1927, S. 70) hat diese Art eine grosse ökologische Variationsamplitude in bezug auf die Azidität. Sie tritt nämlich auf Torfböden auf, die allen pH-Klassen angehören. Das Gedeihen dieser und einiger anderen Arten (*Molinia*, *Phragmites*, *Equisetum fluviatile*) auf Standorten, wo das Wasser sauerstoffarm ist, erhält seine Erklärung nach KOTILAINEN (l. c., S. 80) durch den Bau ihrer unterirdischen Pflanzenteile, sie hat nämlich in ihrem Rhizom grosse Lufthöhlen (Fussnote, S. 71), weite Scheiden und kriechende, langästige Wurzelstöcke (l. c., S. 172).

P r o b e f l. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 10. VII. 1928 u. 22. VI. 1929 (3 u. 2 Indiv.).

R h i z o m ca. 2.2 mm dick, beinahe wagerecht in dem oberen Teile des Torfes kriechend; verzweigt sich sympodial, während die Ausläufer aufwärts gehen. In der Rinde sind 26 Lufthöhlen. Die Leitbündel hadrozyklisch, von dickwandigen Zellen umgeben.

W u r z e l n: von dem Rhizom gehen bündelweise, ziemlich wagerecht, nahe der Oberfläche wachsende Wurzeln aus, deren Länge 4—9 cm beträgt, Tiefe 5—10 cm. Wurzeln gibt es am meisten da, wo die oberirdischen Sprosse sich von dem Rhizom erheben. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.68—0.72 mm. Die Wurzeln sind ziemlich dicht in Wurzeln II. u. III. Ordn. verzweigt. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.19 mm, 10 Gefässe. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.12 mm, die III. Ordn. 0.09 mm dick. An den jungen Wurzeln I. Ordn. finden sich verhältnismässig reichlich hellgelbe Wurzelhaare, deren Länge 0.06—0.10 mm beträgt. An den Wurzeln II. u. III. Ordn. Wurzelhaare nur hier und da. Bei den älteren Wurzeln I. Ordn. verschwindet die Epidermis, so dass sie keine Haare besitzen. Unter der Epidermis ein mechanisches Gewebe mit 3—4 Zellschichten. An den älteren Wurzeln verschwindet die Innenrinde.

P r o b e f l. 7 (Reisermoor, *Cassandra*-Bülte, S. 31). 10. VII. 1928 (3 Indiv.)

Das R h i z o m steigt gerade aufwärts in dem Torfe und verzweigt sich sympodial in aufwärtsgehende Zweige. Es hat auch seitwärts wachsende Zweige. Die W u r z e l n I. Ordn. gehen von dem Rhizom aus und wachsen meistens wagerecht, ein Teil aufwärts in den Torf. Die tiefsten Wurzeln sitzen 40—50 cm tief. (Fig. 31). Länge der Wurzeln I. Ordn. 2—8 cm, Dicke höchstens 0.64—0.68 mm;

Zentralzylinder 0.16 mm, enthält 7—10 zentrale Gefässe (15 μ). In den Wurzeln I. Ordn. unter der Epidermis und Exodermis ein mechanisches Gewebe von 3—4 Zellschichten. Die Innenrinde verschwindet zuletzt. Wurzeln II. Ordn. gibt es verhältnismässig dicht, deren Länge 0.5—1.0 cm, Dicke 0.10—0.16 mm. Die Länge der Wurzelhaare der Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.20—0.24 mm, die der Wurzeln III. Ordn. 0.28—0.50 mm.

Fig. 31. *Carex filiformis.*
Ein Teil des verzweigten Rhizoms.
Probefl. 7. 10. VII. 1928.

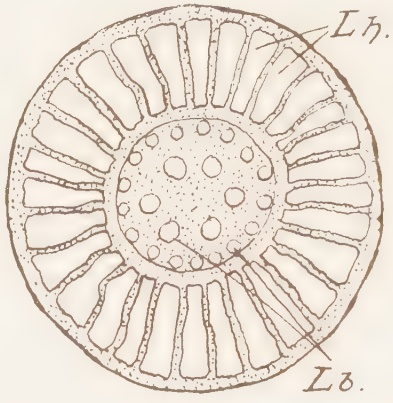


Fig. 32.
Carex filiformis.
Rhizom-Querschnitt.

P r o b e f l. 9 8 (Braunmoor-Reisermoor, Schlenke, S. 51). 28. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das R h i z o m in dem A-C-Torfe nahe der Oberfläche, wagerecht. Die W u r z e l n auch wagerecht, Tiefe höchstens 5—10 cm. Wurzeln I. Ordn. 0.70 mm dick. Wurzeln II. Ordn. 0.11—0.12 mm dick.

P r o b e f l. 1 2 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte, S. 32). 23. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m erhebt sich in der Bülte senkrecht aufwärts; sein tiefstgehender Teil 65—72 cm tief. In den längsten Rhizomen 20—25 Internodien. Das Rhizom ist reichlich verzweigt, die meisten von den

Zweigen gehen aufwärts, doch gibt es auch wagerechte Rhizomzweige; der längste Zweig 37 cm lang. Am reichlichsten verzweigt sich das Rhizom ganz in dem oberen Teile des Torfes. Dicke des Rhizoms 2.8—3.0 mm. Zentralzylinder 1.12—1.18 mm. In der Rinde 27 grosse Lufthöhlen; die Leitbündel hadrozyklisch, von einem mechanischen Gewebe umgeben. Die Aussenwand der Epidermis dick, verholzt. Die Blattscheiden sogar in den tiefstliegenden Teilen des Rhizoms erhalten. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—15.5 cm, grösste Tiefe 65—75 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %.

Probefl. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 13. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Der älteste Teil des Rhizoms 30—40 cm tief. Ungefähr 20 cm tief geht davon bei einem untersuchten Indiv. ein wagerechter, 34 cm langer Ausläufer aus, der 19 Internodien hat; dessen Spitze geht bogenförmig aufwärts. Dicke des Rhizoms 2.20—2.28 mm; Zentralzylinder 1.2—1.25 mm. In der Rinde ca. 30 Lufthöhlen. (Fig. 32). Leitbündel teils kollateral, teils hadrozyklisch, sie sind von einem verholzten mechanischen Gewebe umgeben. Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—10 cm, Dicke 0.50—0.64 mm, die dünnsten 0.13 mm. Tiefe der untersten Wurzeln 40 cm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.12—0.14 mm, 6—8 Gefässe (15 μ). Die Epidermis der ältesten Wurzeln verschwindet. In der Aussenrinde 4 Zellschichten ohne Interzellularräume, schliesslich verschwindet die Innenrinde gänzlich.

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Rhizom beinahe wagerecht, ca. 7—8 cm tief unter der Oberfläche des Mooses. Tiefe der Wurzeln 10—14 cm. Die Wurzeln sind gelbbraun, reichlich verzweigt, daran sind Wurzeln II. und III. Ordn. Dicke der Ausläufer 1.8 mm, deren Zentralzylinder 0.8 mm. In der Rinde 25 grosse radiäre Lufthöhlen.

Zusammenfassung: Das Rhizom ist lang und reichlich verzweigt. In dem S-Torf (Probefl. 12) und dem N-S-Torf (Probefl. 7 u. 8) geht es senkrecht aufwärts, und die meisten Zweige wachsen auch aufwärts; im A-C-Torfe (Probefl. 56 u. 98) wächst das Rhizom ziemlich wagerecht, nahe der Oberfläche. Dicke des Rhizoms 1.8—3.0 mm. Die längsten beobachteten Rhizomzweige 34—37 cm lang, darin höchstens 19 Internodien. In der Rhizomrinde 25—30 grosse Lufthöhlen. Leitbündel meistens hadrozyklisch, von Schutz-

scheiden umgeben; Durchmesser des Zentralzylinders 0.8—1.25 mm. Die Wurzeln gehen von dem Rhizom in verschiedener Höhe aus, sind meistens wagerecht, einige wachsen aufwärts. Die Wurzeln sind verhältnismässig reichlich in Wurzeln II. und III. Ordn. verzweigt. Die Längé der Wurzeln I. Ordn. beträgt 2—15.5 cm, die Dicke 0.43—0.70 mm, die allgemeinste Dicke ist 0.60—0.64 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.12—0.16 mm, darin 6—10 Gefässe (15 μ); in den ältesten Wurzeln verschwinden die Epidermiszellen, unten Exodermis mit kleinen Zellen und unter diesen in der Aussenrinde ein mechanisches Gewebe mit 3—4 Zellschichten. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume; in den älteren Wurzeln verschwindet die Innenrinde gänzlich. An den jungen Wurzeln I. Ordn., an den Wurzeln II. und III. Ordn. verhältnismässig reichlich Wurzelhaare, deren Länge an den Wurzeln I. Ordn. 0.20 –0.24 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.28—0.50 beträgt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—1.0 cm, Dicke 0.11—0.16 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %. Tiefe der Wurzeln im A-C-Torfe (Probefl. 98 u. 56; pH 5.9 u. 5.1) 5—15 cm, im saureren Torfe (N-S oder S-T; Probefl. 7, 8 u. 12), Tiefe der Wurzeln und Rhizome 40—75 cm. Gewöhnlich reichen die Wurzeln nicht bis zum Grundwasser hinab.

Carex irrigua (Whlnb.) Sm.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 59) ist das Rhizom kriechend, mit kurzgegliederten Ausläufern.

Probefl. 3 (Eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 9. VII. 1927 (2 Indiv.).

Das Rhizom wächst beinahe wagerecht, ugf. 3 cm tief in dem C-Torfe und ist verzweigt. Die Wurzeln gehen an dem Rhizom aus den Basalteil der oberirdischen Sprossen hervor; sie wachsen seitwärts, schräg abwärts. Länge der gelben Wurzeln I. Ordn. 6—7 cm, Dicke 1.0 mm; Tiefe meistens 5—10 cm, einige reichen 10 –20 cm tief. Die Wurzelhaare sind schön gelb und wachsen so dicht, dass sie gleichsam eine einheitliche wollene Decke bilden. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35—40 %.

Probefl. 47 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 24. VI. 1928 (4 Indiv.).

Das Rhizom ziemlich wagerecht, ca. 3 cm tief in dem Torfe, Länge der Internodien 1—2.5 cm, Dicke des Rhizoms 1.5—1.6 mm. Die Wurzeln gehen teils gerade seitwärts, teils schräg abwärts in den A-C-Torf. (Fig. 33). Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—12 cm, Dicke 0.8—0.9 mm, Tiefe 5—15 cm. An den Wurzeln eine sehr dichte, von goldgelben Haaren gebildete Decke. Die Haare sind 0.8—1.2 mm lang, sie sind auch an den älteren Wurzeln erhalten. Die Wur-

Fig. 33. *Carex irrigua*. Probefl. 17. 24. VI. 1928.

zeln I. Ordn. sind wenig verzweigt, die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 1—3 cm, Dicke 0.2 mm. Einige Wurzeln II. Ordn. sind mit ganz kurzen Wurzeln III. Ordn. versehen. Länge der Wurzelhaare der Wurzeln II. Ordn. 0.6—1.0 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.18—0.20 mm, 9 Gefässe im Kreise.

Probefl. 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 30). 21. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom liegt ca. 3 cm tief in dem oberen Teile des Torfes. Länge des Rhizoms 9—11 cm, Länge der Internodien ca. 2 cm. Die Wurzeln gehen schräg abwärts in dem S-Torfe. Länge der Wurzeln

I. Ordn. 10—15 cm, Dicke 0.8 mm, Tiefe 10—15 cm. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. beträgt 0.24—0.28 mm, die der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.10 mm. Die Länge der Wurzelhaarean den Wurzeln II. Ordn. 0.6—1.1 mm, an den Wurzeln III. Ordn. 0.8—1.2 mm. Die Haare haben sich an die *Sphagnum*-Blätter angesaugt.

P r o b e f l. 3 8 (eine niedrige *Polytrichum-Sphagnum*-Bülte; Seggenreisermoor, S. 38). 12. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Von dem beinahe wagerechten, ca. 7—8 cm tief wachsenden Rhizom, dessen Dicke ca. 1 mm beträgt, geht ein Zweig gerade aufwärts. Länge der Internodien des Rhizoms 2—6 cm. Die Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 0.9—1.0 mm ist, gehen von der Basis der oberirdischen Sprosse nach verschiedenen Richtungen seitwärts und schräg abwärts in den Torf. Die Wurzeln I. Ordn. besitzen eine dichte Decke von goldgelben Wurzelhaaren. Zentralzylinder 0.18 mm im Durchmesser, 7 zentrale Gefässe im Kreise (25 μ), ausserhalb 14—15 kleine Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.25 mm, der III. Ordn. 0.14 mm. In den jungen Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 0.8 mm ist, misst der Durchmesser des Zentralzylinders 0.16 mm, 6 zentrale Gefässe im Kreise, ausserhalb 12 kleine Gefässe. Die Wurzelhaare an den Wurzeln I. Ordn. 0.56—0.60 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.52—0.87 mm und an den Wurzeln III. Ordn. 0.62—0.87 mm lang. Tiefe der Wurzeln: die oberen 5—10 cm, die unteren 20—30 cm.

P r o b e f l. 1 9 (*Calla*-Bruchmoor, S. 34). 18. VIII. 1928 (4 Indiv.).

Das kurzgliedrige Rhizom wagerecht, ugf. 4—5 cm tief, die Internodien ganz kurz, die längsten 2.5 cm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 17—19 cm lang, reichen 10—15 cm tief in den wässrigen C-S-Torf hinab. Die älteren Wurzeln I. Ordn. 1.1 mm dick, sie sind reichlich mit goldgelben Haaren besetzt, deren Länge 1.0—1.2 mm beträgt. Der Zentralzylinder in diesen Wurzeln 0.25—0.32 mm, 10 grosse zentrale Gefässe (30—35 μ) im Kreise, ausserhalb 20—22 kleine Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.22 mm, an diesen sind sehr reichlich farblose Wurzelhaare, deren Länge 0.62—1.40 mm beträgt. Die Haare fest an den *Sphagnum*-Blättern. Die jungen Wurzeln I. Ordn. 0.88 mm dick; der Zentralzylinder 0.2 mm dick, 9—10 zentrale Gefässe (25—30 μ) im Kreise, ausserhalb 16 kleine Gefässe. In dem Rindengewebe der jungen Wurzeln I. Ordn. finden sich kleine viereckige Internodien, in den älteren Wurzeln I. Ordn. grosse Luft-

höhlen. Wenn eine Wurzel I. Ordn. abbricht, wachsen an der Bruchstelle dicke Wurzeln II. Ordn., deren Dicke bis 0.68 mm beträgt;

Fig. 31. *Carex irrigua*. Probefl. 96. 23. VIII. 1928.

Zentralzylinder derselben 0.15—0.16 mm, Länge dieser Wurzeln 8—10 cm, sie haben 4 grosse Gefässe (30—35 μ), ausserhalb 10 kleine Gefässe. Dehnbarkeit der alten Wurzeln I. Ordn. 20—25 %, die der jungen Wurzeln 35 %.

P r o b e f l. 9 6 (*Carex limosa*-Weissmoor-Bülte, S. 50). 23. VIII. 1928 u. 16. VIII. 1929 (5 u. 2 Indiv.).

Das R h i z o m wächst, sich reichlich verzweigend, aufwärts in der Bülte, die ältesten Teile ugf. 20 cm tief, die Internodien sind meis- 4—6 cm lang. Von jeder Verzweigungsstelle gehen je 3—6 dicke W u r z e l n I. Ordn. nach verschiedenen Seiten in den N-S-Torf. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 15—25 cm lang, die tiefsten reichen 30—35 cm weit hinab, aber die meisten von ihnen sind tot. Einige Individuen besitzen auch seitwärts in dem Torfe hingehende Rhizomzweige. Beim Wachsen des Torfes wächst auch das Rhizom aufwärts und erzeugt neue Wurzeln. Die obersten Wurzeln I. Ordn. sind auch noch kurz. Die Wurzeln sind verhältnismässig spärlich verzweigt. Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. ist 0.8—0.9 mm; Zentralzylinder 0.18 mm, 9—10 zentrale Gefässe, ausserhalb viel kleine Gefässe. Die Haare der Wurzeln I. Ordn. sind 1.0—2.4 mm lang. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. beträgt 0.20 -0.28 mm, ihre Wurzelhaare sind 0.6—1.1 mm lang. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.12 mm, ihre Haare 0.8 – 1.0 mm lang. Die Wurzeln II. und III. Ordn. sind bis zur Spitze behaart, die Haare fest an den *Sphagnum*-Blättern. (Fig. 34).

P r o b e f l. 5 2 (*Amblystegium-Carex heleonastes*-Braunmoor, S. 41). 29. VI. 1929 (1 Indiv.).

Das R h i z o m nahe der Oberfläche des Torfes. Die Internodien kurz, die Pflanzen jedoch nicht bültenbildend. Länge der W u r z e l n I. Ordn. 5—15 cm, Tiefe 3 -10 cm, Dicke 0.62—0.68 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12 mm, 4 Gefässe, 9 (?) Leptome. Epidermiszellen gross, unten in der Aussenrinde zu äusserst ein brauner Teil ohne Interzellularräume mit 2 Zellschichten und darunter ein gelbes mechanisches Gewebe mit 2 Zellschichten. In der Innenrinde 9 Zellschichten, grosse tangentiale Interzellularräume in 12 radiären Reihen. Wurzelhaare reichlich, deren Länge 0.8 mm.

P r o b e f l. 7 5 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 46). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das wagerechte R h i z o m in dem Torfe, ugf. 11 cm tief. Davon geht ein 5 cm langer Rhizomzweig gerade aufwärts in das Moos. Dicke des Rhizoms 1.12 mm. In der Rinde grosse radiäre Lufthöhlen. Da, wo der blühende Spross aufwärts verläuft, gehen in dem oberen Teile des Torfes wagerecht laufende W u r z e l n I. Ordn. hin, deren

Länge 7.5—15 cm beträgt, Tiefe 10—15 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.68—0.74 mm, Zentralzylinder 0.14 mm, 7 Gefässe (30 μ), 13 Leptome. Epidermiszellen in der Richtung des Radius länglich (Höhe 40 μ, Breite 20—25 μ). Beinahe alle Zellen besitzen Wurzelhaare. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20 %.

Probe fl. 93 (Reisermoor-Bülte, S. 50). 1. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das verzweigte Rhizom geht aufwärts in der Bülte. Sehr viele der Wurzeln I. Ordn. sind infolge Gefrierens des Torfes abgebrochen, statt ihrer sind lange Wurzeln II. Ordn. entstanden. Die längsten so gebildeten Wurzeln dringen tief, 25—35 cm tief in den Torf ein. Länge der Wurzeln 17—32 cm. Die Wurzeln kriechen in dem Torfe.

Probe fl. 64 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte, S. 44). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom geht aufwärts in dem Torfe und sendet auch wagerecht dahin laufende Zweige aus. Länge der Internodien 3—4 cm, Dicke des Rhizoms 0.98—1.05 mm. In der Rinde 14 grosse Lufthöhlen. Zentralzylinder 0.5 mm. Leitbündel hadrozyklisch. Unter der Epidermis eine Schutzscheide aus 3—4 Zellschichten. Die zu unterst von dem Rhizom ausgehenden Wurzeln dringen 30 cm tief. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.93 mm. Zentralzylinder 0.20 mm, 6—7 Gefässe (30 μ). Gelbe Wurzelhaare reichlich. Die jungen Wurzeln I. Ordn. 0.87 mm dick, Zentralzylinder 0.16—0.17 mm, 9—10 Gefässe (25 μ), ausserhalb 16 kleine Gefässe, 16 Leptome. Epidermizellen gross, aufrecht. Unten eine verholzte Aussenrinde aus 3 Zellschichten, keine Interzellularräume; darunter noch 2—3 zu der Aussenrinde gehörende Zellschichten, deren Zellen nicht verholzt sind. In der Innenrinde 15 Zellschichten, zwischen den Zellen kleine 4-eckige Interzellularräume. (Fig. 35).

Probe fl. 89 (Kolkmoor oder *Sphagnum tenellum*-reiche Siedlung, S. 49). 8. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die ältesten erhaltenen Teile des Rhizoms 8—9 cm tief. Das Rhizom ist verzweigt, und einige Zweige gehen wagerecht, andere senkrecht aufwärts in dem C-S-Torf. Die Internodien des Rhizoms 4—6 cm lang. Dicke des Rhizoms 1.12—1.24 mm. Zentralzylinder 0.5 mm, in der Mitte das Mark, ringsum kollaterale und hadrozyklische Leitbündel. In der Innenrinde 16 grosse radiäre Lufthöhlen. Die Epidermiszellen sind sehr klein, unten eine gelbe

Schutzscheide aus 3 Zellschichten und ohne Interzellularräume. Die Zellen der Aussenrinde enthalten Stärke. Von den Verzweigungsstellen des Rhizoms gehen 3—6 dicke Wurzeln I. Ordn. aus, die obersten sind wagerecht, die unteren gehen schräg abwärts in den Torf; Tiefe 20—25 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.8 mm, Zentralzylinder 0.14—0.15 mm, 6 Gefässe (20—25 μ), 12 Leptome. Epidermiszellen gross, aufrecht. Wurzelhaare schön gelb. In der Aussenrinde 5—6 Zellschichten ohne Interzellularräume; die 3 äussersten Zellschichten bestehen aus gelben Zellen, die 2—3 innersten Schichten aus farblosen Zellen. In der Innenrinde 12—13 Zellschichten, 14 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Die Länge der obersten Wurzeln I. Ordn. beträgt 6—15 cm, die Länge der niederen (älteren) 16—20 cm. Die jüngeren Wurzeln unverzweigt, die älteren verhältnismässig reichlich verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—5 cm, der Wurzeln III. Ordn. 0.5—2 cm. Zellmembran der Wurzelhaare dick.

Probefl. 33 (Überwachsungsmoor, S. 37). 14. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom, von 1.6 mm Dicke, ist sympodial verzweigt; Länge der Internodien 2.5—3.5 cm. Sein Zentralzylinder 0.8 mm. In der Rinde 23—24 radiäre Lufthöhlen. Die Leitbündel meistens hadrozyklisch, einige kollateral. In der Mitte Markzellen. In der Aussenrinde 3—4 Zellschichten ohne Interzellularräume. Die längsten Wurzeln I. Ordn., 10—16 cm lang, gehen von der Basis der oberirdischen Sprossen aus. Die Wurzeln hauptsächlich wagerecht in dem S-Torfe. Tiefe der niederen Wurzeln 15—20 cm. An die Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen oft dicke Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.93—0.99 mm, Zentralzylinder 0.17 mm, 7 Gefässe (25—28 μ), 14—15 Leptome. Der Bau der Wurzeln I. Ordn. wie bei der vorigen Probefl. In den erhaltenen runden Zellen der Innenrinde finden sich Reservestoffe. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—25 %.

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 13. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Die längsten Wurzeln I. Ordn. 15—16 cm lang, liegen fast wagerecht im Torfe; Tiefe 5—15 cm. Viele von den Wurzeln I. Ordn. abgebrochen, dafür eine dicke Wurzel II. Ordn. an der Bruchstelle gebildet, die auch abgebrochen und statt deren eine ebenso dicke

Wurzel III. Ordn. an der Bruchstelle entstanden ist. Einige Wurzeln III. Ordn. abgebrochen und durch eine dicke Wurzel IV. Ordn. ersetzt. Die ganze Länge der so gebildeten Wurzel z. B. 22 cm, wovon die Länge der Wurzel IV. Ordn. 12 cm.

P r o b e f l. 59 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 43). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom wagerecht nahe der Oberfläche. Die Wurzeln auch wagerecht, ihre Tiefe 4—5 cm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m nebst Zweigen der im A-C-Torfe (Probefl. 47, 52, 59, 75) wachsenden Pflanzen liegt

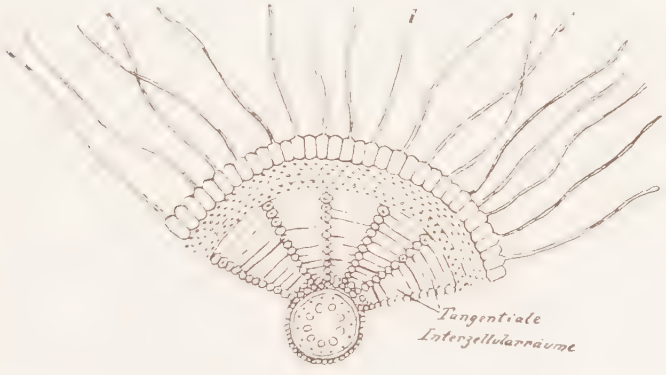


Fig. 35. *Carex irrigua*. Wurzel I. Ordn.

nahe der Oberfläche, 3—5 cm tief, in fast wagerechter Richtung; die Internodien sind kurz, 1.0—2.5 cm lang. Im schnell wachsenden Moose auf dicktorfigen Bülten (Probefl. 64,96) erhebt sich das reichlich verzweigte Rhizom aufwärts in der Bülte, und die Internodien sind länger, 4—6 cm lang; der untere Teil des Rhizoms kann z. B. 20 cm tief liegen. Die Dicke des Rhizoms beträgt 0.98—1.6 mm. Die Epidermiszellen des Rhizoms sind klein, unten eine gelbe, aus 3—4 Zellschichten bestehene Schutzscheide ohne Interzellularräume; in der Rinde 14—24 grosse radiäre Lufthöhlen. Durchmesser des Zentralzylinders 0.5—0.8 mm, in der Mitte Markzellen. Leitbündel hadrozyklisch, einige kollateral. W u r z e l n: Die gelben Wurzeln I. Ordn. gehen von den Knoten des Rhizoms und von der Basis der oberirdischen Sprosse aus,je 3—6 St. von jedem Knoten, wachsen teils wagerecht,teils schräg abwärts in den Torf. Tiefe der Wurzeln im

eutrophen A-C-Torfe (Probefl. 47, 52, 59) 0—10 cm, im S-Torfe (Probefl. 93) 30—35 cm und im S-C-Torfe (Probefl. 38) 25-30 cm. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. wechselt von 6—32 cm, die längsten Wurzeln treten in oligotrophem Torfe auf (Probefl. 93). Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.62—1.10 mm. Die Wurzeln sind ziemlich spärlich verzweigt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—40 %. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—5 cm, Dicke 0.20—0.28 mm, Länge der Wurzeln III. Ordn. 0.5—2.0 cm, Dicke 0.08—0.14 mm. Die jungen Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt oder sie besitzen spärlich Zweige. Die älteren Wurzeln sind reichlicher mit Wurzeln II. und III. Ordn. versehen. Alle Wurzeln sind sehr dicht mit goldgelben Wurzelhaaren besetzt; die Länge der Haare an den Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.56-2.40 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.52—1.40 mm und an den Wurzeln III. Ordn. 0.62—1.2 mm. Die Membran der Haare dick. Die Haare haben sich an den *Sphagnum*-Blätter fest angesaugt. Innerer Bau der Wurzeln I. Ordn.: Die Epidermiszellen gross, in radiärer Richtung lang. Unten, am nächsten eine gelbbraune, verholzte Schutzscheide (ein mechanisches Gewebe) aus 2—3 Zellschichten, wo keine Interzellularräume, darunter ein hellgelber, nicht verholzter Teil der Aussenrinde mit 2—3 Zellschichten. In der Innenrinde 9—15 Zellschichten. In der Innenrinde der jungen Wurzeln kleine 4-eckige Interzellularräume, in den älteren Wurzeln grosse tangentiale Interzellularräume in 12—14 radiären Reihen. Durchmesser des Zentralzylinders 0.14—0.32 mm, darin 4—10 Gefässe (20—30 μ), ausserhalb 9—22 kleine Gefässe, 9—20 Leptome. (Z. B. in einer 0.8 mm dicken Wurzel I. Ordn. ist der Zentralzylinder 0.14—0.15 mm, darin 6 Gefässe (20—25 μ), ausserhalb 12 kleine Gefässe, 12 Leptome. — In einer 0.88 mm dicken Wurzel I. Ordn. der Zentralzylinder 0.20 mm, darin 9—10 Gefässe (30 μ), ausserhalb 16 kleine Gefässe, 16 Leptome.)

Carex limosa L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) finden sich in den Wurzeln 3 und mehrere Gefässe. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 429, 473—474) »ere Rodderne lange og kraftige, taet beklaedte med lange, tykvaeggede, laenge vedvarende, gullige Roodhaar. Roodhaarene blive siddende som en floielsaktig Beklaedning paa de

gamle Rodder; disse Roodhaar ere brungule, tykvaeggede og gjor ganske Indtryk af forlaengst at have tabt Evnen til at optage Naering; hvilken Betydning de have, er vanskelig at sige.»

P r o b e f l. 32 (Krautmoor; *Calla*-Moor, S. 37). 25. VII. 1927 (5 Indiv.).

Fig. 36. *Carex limosa*. Probefl. 32. 25. VII. 1927.

Das R h i z o m verzweigt sich sympodial und kriecht im *Sphagnum*, ziemlich wagerecht, ugf. 8 cm tief; Dicke ca. 1.5 mm, Länge 5.5—11.5 cm. Länge der von dem Rhizom ausgehenden neuen Ausläufer 4.5—8 cm. Die W u r z e l n sitzen teils im Moos, teils im oberen Teile des wässrigen Torfes; die längsten dringen in den Torf ein, Tiefe 10—15 cm. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen dimorphe Wurzeln I. Ordn. aus: 1) beinahe unverzweigte, 1.0—1.1 mm dicke Wurzeln, die eine sehr dichte Decke von goldgelben Haaren besitzen. Zentralzylinder in diesen Wurzeln 0.18—0.20 mm im Durchmesser.

Länge dieser Wurzeln 1—20 cm, mittlere Länge 10.25 cm (an 18 Wurzeln berechnet). Länge der Wurzelhaare 1.0—1.2 mm; 2) reichlich verzweigte feinere Wurzeln, deren Dicke ca. 0.5 mm und deren Länge 4—8 cm. Diese Wurzeln gehen von der Basis der blühenden Sprosse aus. (Fig. 36). An den dickeren Wurzeln löst sich die Rinde leicht ab, wobei der feste weisse Zentralzylinder sichtbar bleibt. Dehnbarkeit der dicken Wurzeln I. Ordn. 35 %.

P r o b e f l. 35 (Überwachsungsmoor, S. 37). 16. VIII. 1928. (2 Indiv.).

Das R h i z o m, dessen Dicke 1.5—1.7 mm beträgt, kriecht im *Sphagnum;* Länge der Internodien 4—7 cm. Es gibt sowohl wagerechte als auch senkrechte Ausläufer. Die W u r z e l n sind dimorph: 1) 0.9—1.0 mm dicke, in denen der Zentralzylinder 0.18 mm im Durchmesser beträgt, 13—14 zentrale Gefässe (20—22 μ). Diese Wurzeln besitzen reichlich gelbe Wurzelhaare, deren Länge 0.62 mm ist; 2) 0.38—0.40 mm dicke Wurzeln, deren Länge 14—15 cm. Diese Wurzeln sind ziemlich reichlich verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08 mm; sie sind reichlich mit Haaren versehen, deren Länge 1.10—1.20 mm. Wurzelhaare der Wurzeln III. Ordn. 0.62—0.74 mm lang.

P r o b e f l. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 22. VI. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m kriecht beinahe horizontal an der Grenze des lebenden Mooses und des Torfes, ca. 10 cm von der Oberfläche. Die Dicke des Rhizoms beträgt 1.8 mm, die ganze Länge bei einem Individuum 59 cm, besteht aus 9 Internodien, deren Länge 3—13 cm. Bei einem anderen Indiv. die ganze Länge des kriechenden und verzweigten Rhizoms 65 cm, dessen älteste Teile abgestorben. Die Länge der Internodien des Rhizoms wechselte bei einigen untersuchten Pflanzen von 3 bis 9 cm. In der Mitte eine grosse Höhle, 0.2 mm im Durchschnitt. In der Rinde 19 Lufthöhlen. Die W u r z e l n gehen büschelweise (oft 5—7) von dem Rhizom aus, und zwar stets da, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Einige Wurzeln I. Ordn. wachsen innerhalb der Blattscheiden längs des Rhizoms, dagegen gedrückt. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 11—17 cm lang, Tiefe gewöhnlich 10—20 cm, Dicke 0.80—0.87 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.15 mm, darin 5—8 Gefässe (20—25 μ). Epidermiszellen gross, in radiärer Richtung hoch. Gelbe dickwandige Wurzelhaare gehen beinahe von jeder Epidermis-

zelle aus; Länge der Haare 0.50—0.62 mm. In der Aussenrinde 3 Zellschichten von gelbbraunen, dickwandigen Zellen. In der Innenrinde 12—14 radiäre Reihen von tangentialen Interzellularräumen. Die Wurzeln sind reicher verzweigt als bei *C. irrigua*. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. ist gewöhnlich 2—10 cm. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen 3—4 ziemlich dicke Wurzeln II. Ordn., deren Dicke 0.28 mm beträgt. An den Wurzeln III. Ordn. auch reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.37—0.62 mm.

P r o b e f l. 78 (Grosseggenweissmoor, S. 47). 27. VI. 1929. (3 Indiv.).

Das lange und verzweigte R h i z o m kriecht an der Grenze des lebenden Moose und des Torfes. Die W u r z e l n gehen schräg abwärts in den Torf; Länge 10—18 cm, Tiefe 10—15 cm, einige beinahe 20 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.68—0.72 mm, Zentralzylinder 0.12—0.13 mm, 5 Gefässe (25 μ). Auf der Epidermis eine dichte Haarbekleidung. In der Aussenrinde 3 -4 Schichten dickwandiger gelbbrauner Zellen, ohne Interzellularräume. In der Innenrinde 10 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Endodermis gelb, deren Wand dick.

P r o b e f l. 29 (Kolkmoor, S 36). 5. VIII. 1929. (4 Indiv.).

Das lange und verzweigte R h i z o m wagerecht an der Oberfläche des Moores; Länge der Internodien 6—18 cm, Dicke ca. 2 mm. Aussenrinde verholzt, mit 4 Zellschichten versehen. Leitbündel kollateral. In der Rinde 14 Lufthöhlen; in der Mitte eine Höhle. Länge der W u r z e l n I. Ordn. 5 –15 cm, Tiefe 10—20 cm. Dicke 0.80 mm, Zentralzylinder 0.20 mm, 7 grosse Gefässe (20 –22 μ), 16—17 Leptome. In der Aussenrinde 2 –3 Schichten verholzter Zellen, in der Innenrinde 12 Zellschicten, 14 –15 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Endodermis verholzt. Länge der Wurzelhaare gewöhnlich 0.25 mm, einige 0.37 —0.50 mm, Durchschnitt der Haare 10 μ, Wand dick, 3 μ. Länge der Wurzeln II. Ordn. 4—10 cm. Dicke 0.16–-0.20 mm, an den Wurzeln sehr reichlich Wurzelhaare (hellgelbe), deren Länge 0.31—0.74 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.07 –0.10 mm, sie besitzen weniger Wurzelhaare. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 30 %.

P r o b e f l. 94 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 16. VIII. 1929. (2 Indiv.).

Das Rhizom ca. 4—10 cm tief. Die Wurzeln gehen schräg oder gerade abwärts in den Torf, Länge 12—15 cm, Tiefe 20 cm.

Probefl. 95 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 16. VIII. 1929. (2 Indiv.).

Die Wurzeln dringen in den wässrigen (A)-C-Torf unter dem C-S-Torfe ein. Tiefe 30—35 cm.

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 27. VII. 1929. (Profil).

Tiefe der Wurzeln meistens 20—25 cm, einige lebendige Wurzeln 45 cm tief.

Zusammenfassung: Das Rhizom oft lang und vielgliedrig, beobachtete maximale Länge 65 cm, Länge der Internodien 3—18cm; verzweigt sich sympodial, Dicke 1.5—1.8 mm. Aussenrinde des Rhizoms verholzt, 4 Zellschichten. In der Rinde 14—19 Lufthöhlen, in der Mitte eine grosse Höhle, deren Durchschnitt 0.2 mm. Leitbündel kollateral. Wurzeln: Von der Basis der oberirdischen Sprosse und den Gliedern des Rhizoms gehen dimorphe Wurzeln I. Ordn. aus: 1) dicke, 0.8—1.1 mm dicke, beinahe unverzweigte (an den Enden der jüngsten Ausläufer wachsende junge Wurzeln ganz unverzweigt) und 2) dünnere, 0.38—0.50 mm dicke, reichlich verzweigte Nährwurzeln, die besonders an der Basis der blühenden Sprosse zu finden sind. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.12—0.20 mm, darin 5—14 zentrale Gefässe (20—25 μ). Epidermiszellen in radiärer Richtung lang, gross. In der Aussenrinde 3—4 Schichten gelbbrauner dickwandiger Zellen ohne Interzellularräume. In der Innenrinde 12 Zellschichten, in den älteren Wurzeln 10—15 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Innenwand der Endodermis verdickt, gelb. (Zentralzylinder einer 0.8 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.20 mm im Durchmesser, 7 Gefässe (20—22 μ), 16—17 Leptome.) Die Wurzeln gewöhnlich reichlicher verzweigt als bei *Carex irrigua*. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—10 cm, Dicke 0.08—0.20 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.07—0.10 mm. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen oft einige (3—4) dicke Wurzeln II. Ordn., deren Dicke 0.28 mm. Wurzelhaare sehr reichlich beinahe an allen Wurzeln; deren Länge an den Wurzeln I. Ordn. 0.25—1.2 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.31—1.20 mm, an den Wurzeln III. Ordn. 0.37—0.74 mm. Durchmesser der Haare 10 μ, Membran dick,

3 μ. Die Länge der dicken Wurzeln I. Ordn. wechselt von 1—20 cm. die Tiefe von 10—15 cm (Probefl. 32,55) und 30—45 cm (Probefl. 5,95). Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 30 %.

Carex capillaris L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 115) ist das Rhizom kurz, schief im Boden sitzend und ungegliedert. Nach

Fig. 37. *Carex capillaris*. Probefl. 41. 20. VI. 1928.

Freidenfelt (1904, S. 10) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.45 mm; die Epidermis ist dünnwandig, schleimig und schnell verschwindend, die Wände der Exodermis sind braun und etwas verdickt, unten in der Aussenrinde noch 1—2 Schichten dickwandiger gelber Zellen. In dem Zentralzylinder 5 weite Gefässe, der Durchmesser des grössten 25 μ. Die Wurzelhaare fehlen beinahe gänzlich an den Wurzeln I. Ordn. In den Wurzeln II. Ordn. finden sich ein zentrales Gefäss und 5 periphere Gefässe. Nach Hegi (1906, S. 97) »sehr dicht rasenbildend, keine Ausläufer bildend.»

P r o b e f l. 44 (braunmoorartige, Moorwiese, S. 39). 20. VI. 1928 (12 Indiv.).

Bildet kleine, dichte Rasen. (Länge der blühenden Stengel jetzt im Anfang des Sommers erst 6—9 cm.) Die Wurzeln gehen nach allen Richtungen, wagerecht auswärts und schräg abwärts in den dünnen A-C-Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. gewöhnlich 3—6 cm, die längsten 8—9 cm, Tiefe 2—5 cm. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 0.40—0.48 mm, anderswo 0.26 —0.36 mm. Die älteren Wurzeln I. Ordn. reichlich in Wurzeln II. und III. Ordn. verzweigt. Die jungen, eben gebildeten Wurzeln I. Ordn. weiss, unverzweigt, deren Dicke 0.36 mm. (Fig. 37). Durchmesser des Zentralzylinders der älteren Wurzeln 0.18—0.19 mm, 4 grosse Gefässe (24—28 μ), ausserhalb 7—9 kleine Gefässe. Epidermiszellen dünnwandig, an den älteren Wurzeln ist die Epidermis gänzlich verschwunden. Unten eine braunwandige Exodermis. In der Aussenrinde noch ein Teil ohne Interzellularräume mit 2—3 Zellschichten. Die Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. verschwindet gänzlich, da sind keine regelmässigen Interzellularräume. Endodermis dickwandig. Mitten im Zentralzylinder gelbe, dickwandige Zellen. Durchmesser des Zentralzylinders der jungen Wurzeln I. Ordn. 0.12—0.15 mm, in der Mitte 3 Gefässe (16 μ). Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—1.5 cm, Dicke 0.07—0.12 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.07 mm. Wurzelhaare sehr wenig vorhanden, nur an den Wurzeln III. Ordn.. Länge der Haare 0.05 —0.37 mm.

Carex flava L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 128) ist das Rhizom sehr kurz, ungegliedert, ohne Ausläufer. Die Wurzel geht schief in den Boden hinein. Nach Höveler (1892, S. 304) sind Wurzelhaare vorhanden, und die Wurzeln sind unverpilzt. Nach Raunkiaer (1895 —1899, S. 459) »Skuddenes Rhizomdel ofte lidt forlaenget, indtil 2 ctm. lang, opstigende.»

P r o b e f l. 51 (Braunmoor, S. 41). 13. VIII. 1927, 26. VII. 1928, 23. VIII. 1929 (6,4 u. 2 Indiv.).

Die oberirdischen Sprosse wachsen von ganz kurzen Wurzelstöcken aufwärts, so dass sie dichte Rasen bilden. Länge der Wurzelstöcke

höchstens 1—1.5 cm, Dicke 1.5—2.0 mm. (Der längste beobachtete blühende Spross 59 cm.) Die Wurzeln sind trimorph: 1) weisse, beinahe unverzweigte junge Wurzeln I. Ordn., 2) gelbe, sehr reichlich verzweigte Wurzeln I. Ordn. und 3) braune, ältere Wurzeln derselben Art. Dicke der verzweigten Wurzeln 0.64—0.72 mm, der unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.75 mm. Länge und Tiefe der Wurzeln: Länge der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 10—26.5 cm. Die älteren verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind infolge des Bodenfrostes an der Spitze abgebrochen, wo hinter der abgebrochenen Stelle 1 oder 2 dicke Wurzeln II. Ordn. gewachsen sind, deren Dicke 0.28—0.31 mm beträgt. Die meisten von den langen Wurzeln I. Ordn. ein gutes Stück an der Spitze abgestorben und schwarz (der lebende Teil einer 23 cm langen Wurzel I. Ordn. nur 11 cm). Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—10 cm, Dicke 0.12—0.13 mm; die längste Wurzel II. Ordn. 14 cm. Wurzeln III. Ordn. wenig vorhanden, Dicke 0.06—0.10 mm. Die unverzweigten Wurzeln I. Ordn. bei einem untersuchten Individuum 1.5—5.5 cm lang, mittlere Länge 3.8 cm (an 16 Wurzeln berechnet); bei einem anderen Individuum 8.5—10 cm. Die Wurzeln wachsen schräg abwärts oder horizontal seitwärts in den A-C-Torf, erreichen nicht den mit Sand gemischten Steinboden unten. Die Tiefe beträgt gewöhnlich 10—15 cm. Bau der Wurzeln: Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.14—0.18 mm, darin 4—6 Gefässe (20—30 μ), ausserhalb 12—16 kleine Gefässe, 12—16 Leptome. Die Wände der Epidermiszellen in älteren Wurzeln I. Ordn. etwas verdickt, ebenso die Aussenwand der Exodermiszellen. In der Aussenrinde noch 2 Zellschichten, wo Zellen nicht besonders verdickt sind. In der Innenrinde 7—8 Zellschichten, wo in den jungen Wurzeln kleine 3-oder 4-eckige Interzellularräume. In den älteren reichlich verzweigten Wurzeln I. Ordn. grosse tangentiale Interzellularräume. Wurzelhaare sind wenig vorhanden, sie sind farblos. An den jungen unverzweigten Wurzeln I. Ord. sind 15—20 Haare pro 1 mm, an älteren verzweigten Wurzeln I. Ordn. gibt es ihrer 5—10 St. pro 1 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 10—20 St. und an den Wurzeln III Ordn. über 20 St. pro 1 mm. Die Länge der Haare beträgt 0.32—0.48 mm; am längsten sind die Haare der Wurzeln III. Ordn., Länge 0.72—1.20 mm. Dehnbarkeit der jungen Wurzeln I. Ordn. 15—20 %, der älteren Wurzeln 30—35 %.

P r o b e f l. 98 (Braunmoor-Reisermoor, Braunmoor-Teil, S. 51). 15. u. 28. VII. 1928, 4. VII. 1929 (11 Indiv. zus.).

Wachsen in dichten, kleinen Rasen, wo 3—8 oberirdische Sprosse vorhanden sind. Internodien des Rhizoms ganz kurz, Stengelbasis ugf. 3—4 cm tief. W u r z e l n: Einige Individuen haben an der Stengelbasis teils horizontal in den Torf, teils aufwärts in das Moos gehende dünne und wenig verzweigte Wurzeln. Die meisten Wurzeln I. Ordn. sind dicke, entweder reichlich verzweigte ältere oder unverzweigte junge Wurzeln. Diese Wurzeln gehen teils wagerecht, teils schräg abwärts in den Torf, erreichen nicht den Steinboden unten; Tiefe höchstens 15—20 cm, die Spitzen der meisten Wurzeln liegen 8—12 cm tief. Die unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 2—9 cm lang, 0.50—0.80 mm dick. Die verzweigten Wurzeln I. Ordn. 7—28 cm lang (mittlere Länge 18 cm). Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.12 mm. Viele Wurzeln II. Ordn. an den Spitzen infolge der in denselben befindlichen Mykorrhiza angeschwollen. Wurzeln II. Ordn. kurz, 2—4 cm lang. Ältere Individuen, die dichtere Rasen bilden, haben reichlicher verzweigte Wurzeln I. Ordn. Durchmesser des Zentralzylinders der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.18 mm, 6 zentrale Gefässe (2.5 μ). Die unverzweigten Wurzeln I. Ordn. z. B. 0.72 mm dick, der Zentralzylinder in diesen 0.16 mm im Durchmesser, 5 grosse Gefässe (22—25 μ) und ausserhalb 12—15 kleine Gefässe, 12—15 Leptome. An den unverzweigten jungen Wurzeln I. Ordn. sitzen verhältnismässig reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.40—0.70 mm, 15—20 St. pro 1 mm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Die Halme dichte Rasen bildend, die Wurzelstöcke ganz kurz, nicht ausläuferbildend. Dicke der Wurzelstöcke 1.5—2.0 mm. Die W u r z e l n sind trimorph: 1) junge weisse, fast unverzweigte Wurzeln I. Ordn. 2) gelbe, sehr reichlich verzweigte Wurzeln, 3) braune, ältere, verzweigte Wurzeln. Die Wurzeln wachsen schräg abwärts oder wagerecht seitwärts in den A-C-Torf. Die Länge der jungen Wurzeln I. Ordn. 1.5—10 cm, pie der älteren Wurzeln 7—28 cm. Tiefe der Wurzeln 10—20 cm (Probefl. 51,10—15 cm; Probefl. 98, 15—20 cm). Dicke der jungen Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.80 mm, Durchmesser des Zentralzylinders ca. 0.16 mm, darin 5 Gefässe (22—25 μ), an der Aussenseite dieser Gefässe 12—15 kleine Gefässe, 12—15 Leptome. Die älteren, verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.64—0.72 mm dick, Durchmesser

ihrer Zentralzylinder 0.14—0.18 mm, darin 4—6 Gefässe (20—30 μ), ausserhalb 12—16 kleine Gefässe, 12—16 Leptome. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—14 cm, Dicke 0.12 mm. (Diejenigen Wurzeln II. Ordn., die an der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. entstehen, sind 0.28—0.31 mm dick.) Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.06—0.10 mm. Die meisten Wurzeln II. und III. Ordn. sind infolge der in ihnen befindlichen Mykorrhiza angeschwollen. An den jungen Wurzeln I. Ordn. sitzen 15—20 Haare pro 1 mm, an den älteren Wurzeln I. Ordn. 5—10 Haare pro 1 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 10—20 St. pro 1 mm und an den Wurzeln III. Ordn. über 20 Wurzelhaare pro 1 mm. Die Haare sind farblos, ihre Länge beträgt 0.32—0.70 mm, die Haare der Wurzeln III. Ordn. sind am längsten, 0.72—1.20 mm lang. Die Wand der Epidermiszellen in den Wurzeln I. Ordn. ist etwas verdickt, die Aussenwand der Exodermis ebenfalls. In der Aussenrinde weiter 2 Zellschichten. In der Innenrinde 7—8 Zellschichten; in den jungen Wurzeln I. Ordn. gibt es in der Innenrinde 3- und 4-eckige Interzellularräume, in den älteren Wurzeln sind in der Innenrinde grosse tangentiale Interzellularen. Dehnbarkeit der jungen Wurzeln I. Ordn. 15—20 %, Dehnbarkeit der älteren lebenden Wurzeln I. Ordn. 30—35 %.

Carex Oederi Ehrh.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 16) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hartman (1879, S. 159): »Die Halme, besonders in niedrigen und dichten Rasen, aufwärts steigend.»

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 11. VII. 1927, 15. VII. 1928, 16. VII. 1929. (13 Indiv. zus.).

Der unterirdische Stengel ist ein wenig erweitert, davon gehen die oberirdischen Sprosse gerade aufwärts, kleine Rasen bildend. Die Stengelbasis sitzt ugf. 2—3 cm tief in dem Braunmoos. Wurzelsystem: Der grösste Teil der Wurzeln geht wagerecht an der Oberfläche des Torfes hin, einige gehen schräg abwärts in den Torf. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm, einige 10—15 cm. Die Wurzeln sind trimorph: 1) einige weisse, junge, beinahe zweiglose Wurzeln I. Ordn., 2) gelbe verzweigte Wurzeln und 3) braune, verzweigte ältere Wurzeln I. Ordn. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. wechselt

von 4 bis 20 cm, die mittlere Länge (11. VII.) 14.2 cm (aus 15 Wurzeln berechnet). (Fig. 38). Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0·36—0.48 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.10—0.18 mm, 3—6 zentrale Gefässe (15—22 μ), bisweilen einige Doppelgefässe, ausserhalb dieser grösseren Gefässen 8 kleine Gefässe, 8 Leptome. Die jungen Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.56 mm dick, Zentralzylinder 0.10 mm, 2 Gefässe (25 μ), ausserhalb 6 kleine Gefässe, 6 Leptome.

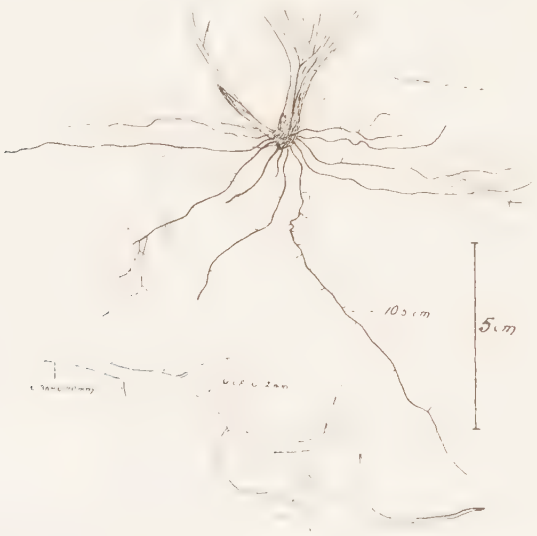


Fig. 38. *Carex Oederi.* Probefl. 56. 11. VII. 1927.

Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—3 cm, Dicke 0.08—0.16 mm. (Der Zentralzylinder in einer 0.16 mm dicken Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.09 mm.) Spitzen der Wurzeln II. Ordn. oft wegen der Mykorrhiza angeschwollen. An den Wurzeln I. Ordn. nur wenige Wurzelhaare, deren Länge 0.25—0.56 mm. An den Wurzeln II. Ordn. auch wenige Wurzelhaare, deren Länge 0.62—0.99 mm. Wurzeln III. Ordn. sehr wenig vorhanden, Länge 2—5 mm. In den älteren Wurzeln I. Ordn. sind die Epidermis- und Exodermiszellen gross, unten 2—3 Zellschichten ohne Interzellularräume. Innenwand der Endodermis verdickt, braun.

P r o b e f l. 6 7 (Braunmoor, S. 44). 7. X. 1928 (10 Indiv.).

Bilden kleine, dichte Rasen, deren Basalteil ca. 2.5—3 cm tief

in dem Moose liegt. Die Wurzeln gehen fast wagerecht in das Moos und den oberen Teil des Torfes, ihre Länge ist 7.5—18 cm, mittlere Länge 11.5 cm (aus 20 Wurzeln berechnet). Tiefe 0—10 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.36—0.55 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.08—0.10 mm, 5—7 zentrale Gefässe (10 –18 μ), ausserhalb derselben 9 kleine Gefässe. Epidermis- und Exodermiszellen verhältnismässig gross; die Innenrinde der Exodermis verdickt; in der Aussenrinde noch 3 Zellschichten, deren Zellen dickwandig, Interzellularen nicht vorhanden. In der Innenrinde 9 Zellschichten, grosse tangentiale Interzellularen in radiären Reihen, die erhaltenen Zellen rund. Innenwand der Endodermis verdickt. Die Wurzeln sind verhältnismässig wenig verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 3—10 mm, Dicke 0.16—0.20 mm. An den jungen Wurzeln I. Ordn. verhältnismässig reichlich weisse Wurzelhaare, deren Länge 0.24—0.40 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—25 %.

Um Vergleiche anzustellen, habe ich *C. Oederi* auch von Felsenufern (Sotkamo, Nuasjärvi, Haaposaari, 16. VII. 1929) genommen, wo sie in kleinen Vertiefungen in ganz dünner mit Sand gemischter Erde wuchsen. Die Wurzeln sichtlich reichlicher verzweigt als auf den vorigen Probeflächen. Länge der Wurzeln ca. 5—10 cm; wuchsen meistens wagerecht längs der Felsenfläche. Leider hatte ich keine Gelegenheit, von diesen Spiritusmaterial für die mikroskopische Untersuchung aufzubewahren.

Carex sparsiflora (Whlnb.) Steud.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 101) ist das kriechende Rhizom mit dünnen, ziemlich langgliedrigen Ausläufern versehen, welche mit langen Schuppen besetzt sind.

Probefl. 43 (OMT-Wald, Bülte, S. 39). 12. VII. 1928, 20. VI. u. 26. VIII. 1929 (6 Indiv. zus.).

Das Rhizom liegt fast wagerecht ugf. 3 cm tief in dem Moose. Von der Basis des oberirdischen Sprosses gehen neue Ausläufer wagerecht nach verschiedenen Seiten aus. Bei einem am 20. VI. untersuchten Individuum 2 Ausläufer, deren Länge 4 und 5 cm. Bei einem anderen, am 12. VII. untersuchten Individuum die Länge der Ausläufer 13 und 16.5 cm, bei einem dritten 2.5 und 14 cm. Die Spitzen

der Ausläufer steigen von dem Moose aufwärts. Dicke der Ausläufer 1.00—1.06 mm. An den Spitzen der Ausläufer bilden sich beinahe unverzweigte dicke Wurzeln, die wagerecht und schräg abwärts in den Torf eindringen. Länge dieser Wurzeln 4.0—12 cm, Dicke 0.50 mm, Zentralzylinder 0.12 mm. Die ältesten, dicksten Wurzeln I. Ordn. 17—25 cm lang; Tiefe 15—20 cm, Dicke 0.74—0.88 mm, Zentralzylinder 0.18—0.24 mm, 8—10 zentrale Gefässe (30—35 μ), ausserhalb derselben 14 periphere kleine Gefässe. Epidermiszellen klein, Exodermiszellen dünnwandig, unten eine Schutzscheide mit 3—4 Zellschichten. Innenrinde der Endodermis gelb, verdickt. In den jungen Wurzeln I. Ordn. sind in der Innenrinde kleine Interzellularräume vorhanden. In den alten Wurzeln I. Ordn. tangentiale Interzellularräume in 10 radiären Reihen. Die Wurzeln sind sehr dichtbehaart, Länge der Haare 0.4—0.8 mm, sie sind farblos oder hellgelb. Wurzeln II. Ordn. sind sehr wenig vorhanden, deren Länge 1.0—1.5 cm, Dicke 0.12 mm; sie besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.4—0.6 mm beträgt.

Probefl. 18 (Bruchmoor, S. 34). 26. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom horizontal, ugf. 2 cm tief in dem Moose. Zwei wagerechte Ausläufer, deren Länge 4.5—5.5 cm. Die jungen Wurzeln I. Ordn. am Ende der Ausläufer unverzweigt, 7.5—18.5 cm lang (mittlere Länge 11.6 cm). Diese Wurzeln sind mit zahlreichen 0.7—0.8 mm langen Wurzelhaaren versehen; die unbehaarte Spitze der Wurzeln I. Ordn. 7—8 mm lang. Von der Basis des oberirdischen Sprosses gehen spärlich verzweigte Wurzeln I. Ordn. aus, deren Dicke 0.64—0.80 mm beträgt, der Zentralzylinder in denselben 0.14—0.25 mm, 6 zentrale Gefässe (das grösste 35 μ), ausserhalb dieser 14 kleine periphere Gefässe. Sogar an den alten Wurzeln I. Ordn. reichlich hellgelbe, 1—2 mm lange Wurzelhaare. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35 %. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.19 mm, Länge ihrer Wurzelhaare 0.74—0.87 mm. Auch Wurzeln III. Ordn. sind stellenweise vorhanden, deren Dicke 0.12—0.13 mm. Sie besitzen reichlich 0.7—0.8 mm lange Wurzelhaare. Die längste gefundene alte Wurzel I. Ordn. 29 cm; die grösste Tiefe 20—25 cm.

Probefl. 50 (Braunmoor-Bülte, S. 41). 4. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die am Ende der Ausläufer befindlichen jungen Wurzeln I. Ordn. weiss, unverzweigt, daran zahlreiche hellgelbe Wurzelhaare, deren

Länge 0.8 mm beträgt. Die älteren Wurzeln I. Ordn. 0.64—0.80 mm dick, der Zentralzylinder 0.21—0.24 mm im Durchmesser, 8—9 zentrale Gefässe (30 μ), ausserhalb derselben 17 periphere kleine Gefässe. Alle Wurzeln besitzen reichlich Wurzelhaare, auch die alten Wurzeln I. Ordn. Länge der Haare 0.6—1.0 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm, der III. Ordn. 0.08 mm. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm.

P r o b e f l. 7 7 (Braunmoor-Bülte, S. 47). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m verzweigt sich in dem Moose der Bülte. Länge der neuen Ausläufer 9—13 cm; an deren Spitze sind unverzweigte junge Wurzeln I. Ordn., deren Länge 8.5—11 cm beträgt, sie gehen gerade abwärts in den Torf. Länge der dem Rhizom an der Basis der oberirdischen Sprosse entspringenden alten Wurzeln I. Ordn. 27—35 cm, Tiefe 30 -40 cm, Dicke 0.90 -0.99 mm, Zentralzylinder 0.28—0.30 mm, 10 Gefässe (30—35 μ), davon eines ein Doppelgefäss, ausserhalb 18 kleine Gefässe, 18 Leptome. An den Spitzen der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. sind 2 dicke Wurzeln II. Ordn. entstanden. Die Wurzeln gehen meistens gerade abwärts. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35 -40 %, bei einer Wurzel 60 %.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m wächst gewöhnlich wagerecht, 2—3 cm tief in dem Moose. In einer dicktorfigen Bülte (Probefl. 77) ist das Rhizom lang und verzweigt und sitzt tiefer in dem Torf. Die Dicke des Rhizoms beträgt 1.12—1.24 mm, in seiner Rinde sind 8—10 grosse Lufthöhlen. Von dem Rhizom gehen gewöhnlich 2 wagerechte Ausläufer aus, deren Spitzen sich von dem Torf aufwärts erheben; Länge der Ausläufer 2.5 -16.6 cm, Dicke 1.0—1.06 mm. W u r z e l n: Die an der Spitze der Ausläufer befindlichen jungen Wurzeln I. Ordn. beinahe unverzweigt, gehen wagerechtund teils schräg abwärts; Länge 4—18.5 cm, Dicke 0.5 mm, Durchmesser des Zentralzylinder 0.12 mm. In der Innenrinde kleine Interzellularräume. Diese Wurzeln besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.7—0.8 mm beträgt. Die von der Basis der oberirdischen Sprosse ausgehenden älteren Wurzeln I. Ordn. sind 17—35 cm lang, 0.64 —0.99 mm dick, ihr Zentralzylinder 0.14—0.25 mm im Durchmesser, 6—10 zentrale Gefässe (30—35 μ), ausserhalb derselben 14—18 kleine Gefässe, 14—18 Leptome. Die Epidermiszellen sind klein, die Exodermiszellen dünnwandig, unten eine Schutz-

scheide mit 3—4 Zellschichten. Die Innenwand der Endodermis gelb, verdickt. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in 10 radiären Reihen. Farblose oder hellgelbe Wurzelhaare sehr reichlich, deren Länge 0.4—2.0 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35—40 %, bei einer Wurzel 60 %. Wurzeln II. Ordn. wenig vorhanden, deren Länge 1—15 cm, Dicke 0.12—0.19 mm; an diesen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.40—0.87 mm. Die Dicke der Wurzeln III. Ordn. ist 0.08—0.13 mm, die Wurzelhaare hier 0.7—0.8 mm lang. (Die Dicke einer Wurzel I. Ordn. 0.9 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.28 mm, 10 Gefässe (30—35 μ), ausserhalb 18 kleine Gefässe, 18 Leptome.) Die Tiefe der Wurzeln wechselt von 10—40 cm.

Carex panicea L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 99) ist das Rhizom kurzgliedrig, kriechend, Ausläufer treibend. Nach Bordet (1891, S. 58) ist der anatomische Bau des Rhizoms folgender: »Un épiderme à cellules aussi hautes que larges. Une assise lignifiée formée de deux ou trois rangées de cellules. Un parenchyme cortical à cellules arrondies, laissant entre elles de petits méats et disposées sur un assez grand nombre d'assises cellulaires; puis un endoderme bien net avec ses cloisons lignifiées en fer à cheval. Ces quatre parties constituent l'écore. Le cylindre central qui vient ensuit nous présente, an centre, une moelle assez abondante et, a la périphérie, des faisceaux libero-vasculaires en plusieurs rangées, généralement deuz, plus ou moins concentriques. La moelle est formée de cellules arrondies assez semblable au parenchyme cortical, mais de dimensions un peu moindres. Quant aux faisceaux vasculaires ils se composent d'un liber médian plus ou moins arroindi et d'un bois peripherique, le tout entouré d'une gaine de fibres.» Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 464) »ere de laengste Skuds Rhizomdel indtil 18 ctm. lang, 1—2 Mm tyk, med indtil 17 Staengelled».

Probefl. 60 (*Amblystegium*-Braunmoor, S. 43). 11. VII. 1927 u. 15. VII. 1928 (10 Indiv. zus.).

Das Rhizom kriecht ca. 3—5 cm tief in dem Braunmoos. Davon steigen gewöhnlich 3 oberirdische Sprosse auf, von denen einer blüht. Länge der Wurzelstöcke und Ausläufer 2.5—14 cm

(mittlere Länge 7.5 cm, aus 10 Ausläufern berechnet). Dicke des Rhizoms 1.8 mm. Die von der Basis der Sprosse ausgehenden Wurzeln laufen meistens wagerecht in das Moos und den oberen Torf, Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.56—0.60 mm, die dicksten 1.12 mm, Zentralzylinder 0.11—0.28 mm im Durchmesser, 8—10 grosse Gefässe (30 μ). Die Wurzeln II. Ordn. sind reichlich mit Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 0.4—0.6 mm, einige 1.0 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.24—0.28 mm, Länge 0.5—2 cm; Länge der an ihnen befindlichen Haare 0.8—1.2 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.16—0.20 mm, Länge der Haare 0.8—1.0 mm. Die Spitzen der Wurzeln II. und III. Ordn. sind wegen der Mykorrhiza, die sehr reichlich in ihnen vorhanden, oft angeschwollen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—25 %. Länge der von der Sprossbasis ausgehenden Wurzeln I. Ordn. 5—15 cm. Von der Spitze des jüngsten Ausläufers, wo der sterile Spross aufwärtssteigt, gehen gewöhnlich 2—5 zweiglose Wurzeln I. Ordn. aus, deren Länge 3—12 cm beträgt. Auch diese Wurzeln laufen nahe der Oberfläche, beinahe wagerecht.

Probefl. 58 (Rimpi-Braunmoor, S. 43). 16. VII. 1929 (5 Indiv.).

Das kriechende Rhizom wächst 3—5 cm tief, beinahe wagerecht. Davon steigen der im vorigen Jahre ausgeblühte Spross, der im Jahre 1929 blühende Spross und der junge sterile Spross auf. Die ganze Länge des erhaltenen Rhizoms 12—15 cm, Dicke 1.88—2.0 mm. Epidermiszellen ebenso hoch wie breit (wie auch Bordet sagt). Zentralzylinder 0.5 mm im Durchmesser. In der Rinde sind grosse, unregelmässige Interzellularräume. Die Leitbündel sind hadrozyklisch, von einer Schutzscheide umgeben. Wurzeln: Die von der Basis des jungen sterilen Sprosses ausgehenden jungen Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt, deren Länge 2.5—15 cm, Dicke 0.80—0.87 mm, der Zentralzylinder 0.18 mm im Durchmesser, 7 grosse Gefässe (25—30 μ, ausserhalb derselben 13—14 kleine Gefässe, 13—14 Leptome. Die Epidermis- und Exodermiszellen aufrecht, die Epidermiszellen dünnwandig, die Wand der Exodermiszellen etwas verdickt. Zu der Aussenrinde gehört noch ein aus 4—7 Zellschichten bestehender Teil ohne Interzellularräume. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen. An den jungen Wurzeln I. Ordn. weisse Wurzelhaare. Länge der von der Basis des blühenden Sprosses ausgehenden alten Wurzeln

I. Ordn. 10—20 cm (mittlere Länge 13 cm, aus 20 Wurzeln berechnet); laufen beinahe wagerecht in dem oberen Teil des Torfes; Tiefe 5 10 cm. Diese Wurzeln sind in Wurzeln II. und III. Ordn. verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.86 0.88 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.20 0.22 mm, 7 9 grosse Gefässe, die grössten 30 μ). An den älteren Wurzeln I. Ordn. sind die Wurzelhaare und die Epidermis teilweise verschwunden, die Wand der Exodermis verdickt. Unter der Exodermis eine Schutzscheide aus 2—3 Zellschichten, die keine Interzellularräume haben. In der Innenrinde 9 Zellschichten und tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 3—5 cm, Dicke 0.25 mm. Wurzeln III. Ordn. 2—4 mm lang, 0.12 mm dick; an diesen sitzen weisse Wurzelhaare ugf. 20 St. pro 1 mm, die längsten Haare 1.12 mm. In vielen Wurzeln III. Ordn. findet sich Mykorrhiza, die Wurzeln sind in diesem Fall angeschwollen.

Carex globularis L.

P r o b e f l. 1 7 (Bruchmoor, S. 34). 20. VII. 1927 (5 Indiv.).

Einige von den untersuchten Pflanzen wuchsen auf einer Bülte, andere an der Stubbe einer Fichte, zwischen dem morschen Baum und der losen Rinde. Die aufwärts verzweigten ältesten Rhizomteile bei den in der Bülte wachsenden Individuen ca. 20 30 cm tief unter der Oberfläche des Mooses. Dicke des Rhizoms 0.8—0.85 mm, in der Rinde grosse Lufthöhlen. Der älteste Rhizomteil bei dem an der Basis der morschen Stubbe wachsenden Individuum 25—30 cm tief. Das Rhizom verzweigt sich unten in dem Torf, an dem Stamm der Stubbe, in 4 aufwärts gehende Zweige, deren Länge 6, 8, 14 und 16 cm beträgt. An den Spitzen bilden sich Wurzeln, aufwärts gehende neue Rhizomzweige und oberirdische Sprosse. An den Wurzelstöcken sind braune schuppenartige Niederblätter. (Weiter oben an der Basis der oberirdischen Sprosse rotbraune Scheiden.) Von dem ältesten, am tiefsten sitzenden Rhizomteil gehen schräg abwärts in den Torf Wurzeln I. Ordn. aus, oft 3—5 St. Länge dieser Wurzeln I. Ordn. 17 19 cm, Dicke 1.2 mm, Tiefe unter der Oberfläche der Bülte 40 45 cm. An diesen am tiefsten sitzenden Wurzeln sind einige dicke Wurzeln II. Ordn. (ebenso dicke wie die Wurzeln I. Ordn.), deren Länge 6—9 cm.

Ausserdem sind an ihnen dünnere, spärlich verzweigte Wurzeln II. Ordn. zu finden, deren Dicke 0.20 mm beträgt. An den Spitzen der Rhizomzweige, an der Basis der aufwärtsgehenden Sprosse sind meistens nur kurze und dünnere, verhältnismässig reichlich verzweigte Wurzeln I. Ordn., auch einige dickere Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 1.0—1.6 mm beträgt, Durchmesser des Zentralzylinders in diesen Wurzeln 0.4—0.6 mm, 8 grosse Gefässe (35 -45 μ), ausserhalb dieser 16—18 kleine Gefässe, 16—18 Leptome. In den jüngeren Wurzeln I. Ordn. sind in der Innenrinde kleine 3- und 4-eckige Interzellularräume, in den älteren Wurzeln I. Ordn. sind in der Innenrinde grosse Lufthöhlen. (Fig. 39). Länge der Wurzeln II. Ordn. gewöhnlich 1—2 cm, einige 4—5 cm lang. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1.2—1.6 mm. An den Wurzeln sitzen zahlreiche braune Wurzelhaare, deren Länge an den Wurzeln I. Ordn. 0.4—0.8 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.3—0.5 mm beträgt. Bei einem Individuum ist die gesamte Länge des reichlich verzweigten Rhizoms 127.5 cm, bei einem anderen 164 cm.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das R h i z o m verzweigt sich und geht aufwärts in der Bülte. Die dicken Wurzeln I. Ordn. dringen gerade abwärts in den Torf ein, grösste Tiefe 50- 60 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.2 ange mm, Zentralzylinder 0.32 mm im Durchmesser. Die längste troffene Wurzeln I. Ordn. 34.5 cm lang, sie war mit drei dicken Zweigen versehen (ebenso dick wie die Wurzeln I. Ordn. selbst); Länge dieser Wurzeln 3, 11.5 und 23 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2- -3 cm, der III. Ordn. 2.4 -3.6 mm. Wurzelhaare an allen Wurzeln vorhanden, deren Länge an den Wurzeln I. und II. Ordn. 0.4—0.8 mm, an den Wurzeln III. Ordn. 0.3—0.4 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. ugf. 25 %.

P r o b e f l. 5 0 (Braunmoor-Bülte, S. 41). 20. VI. 1929 (1 Indiv.).

Das R h i z o m ist verzweigt und steigt in der Bülte aufwärts. Die Oberfläche der Bülte scheint viele Individuen zu enthalten, eine nähere Untersuchung erweist jedoch, dass viele von ihnen zu einem in der Bülte verzweigten Rhizom gehören. Die W u r z e l n wie auf den vorigen Probeflächen. Tiefe der Wurzeln höchstens 25 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.18 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.37 mm, 12 Gefässe, 24 Leptome. In der Aussenrinde die

inneren Zellen braunwandig, die äusseren gelb, dickwandig. In der Innenrinde 9—10 Zellschichten, tangentiale Interzellularräume in ca. 30 rädiären Reihen.

Zusammenfassung: Das Rhizom lang, bis 164 cm, 0.80—0.85 mm dick; seine Zweige in dem Torfe aufwärts steigend, der unterste Teil kann 25—30 cm tief in dem Torfe sein. In der Rhizomrinde grosse Lufthöhlen. Wurzeln: Von den ältesten, am tiefsten in dem Torfe wachsenden Rhizomteilen gehen an der Verzweigungsstelle oft 3—5 lange Wurzeln I. Ordn. schräg in den Torf abwärts, Länge 17—34 cm, Dicke 1.2—1.6 mm; sie haben oft einige Zweige, die ebenso dick wie die Wurzeln I. Ordn. sind, deren Länge 3—23 cm beträgt, und ausserdem kurze, 1—5 cm lange und ca. 0.20 mm dicke Wurzeln II. Ordn., an denen verhältnismässig spärlich Wurzeln III. Ordn. vorhandens ind, deren Länge 1.2—3.6 mm beträgt. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.32—0.60 mm, darin 8—12 grosse Gefässe (35—45 μ), ausserhalb davon 16—24 kleine Gefässe, 16—24 Leptome. Die inneren Zellen der Aussenrinde der alten Wurzeln I. Ordn. sind braunwandig, die äusseren Zellen sind gelb, dickwandig. In der Innenrinde der jüngeren Wurzeln kleine 3- und 4-eckige Interzellularräume, in der Innenrinde der älteren Wurzeln 9—10 Zellschichten, tangentiale Interzellularen in ugf. 30 radiären Reihen. Von der Basis der oberirdischen Sprosse an den obersten Rhizomzweigen gehen dünnere, kurze Wurzeln I. Ord. aus, deren Länge nur 1—4 cm; sie besitzen ganz kurze Wurzeln II. und III. Ordn. Die langen Wurzeln I. Ordn. gehen in einer dicktorfigen Bülte (Probefl. 16 u. 17) 40—60 cm tief, an einer dünntorfigeren Stelle (Probefl. 50) 20—25 cm tief. Wurzelhaare sind an allen Wurzeln vorhanden, Länge der Haare an den Wurzeln I. und II. Ordn. 0.4—0.8 mm, an denen III. Ordn. 0.3—0.4 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ord. (der dicken) 25 %.

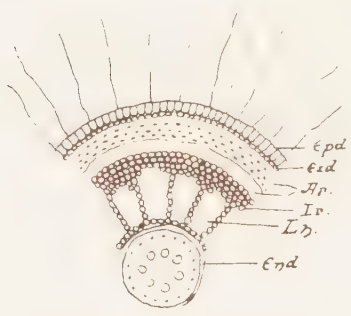


Fig. 39. *Carex globularis*. Wurzel I Ordn. Probefl. 17. 20. VII. 1927.

Carex aquatilis Whlnb.

P r o b e f l. 3 2 (Krautmoor; *Calla*-Moor, S. 37). 25. VII. 1927 (1 Indiv.).

Länge der Wurzeln I. Ordn. 9—23.5 cm.

P r o b e l f. 1 0 4 (modriges Flussufer, S. 52). 12. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das alte R h i z o m ist im Schlamm erhalten, beinahe wagerecht. Von der Sprossbasis gehen wagerechte Ausläufer in den Schlamm, deren Länge 15—18 cm beträgt. Dicke der neuen Ausläufer 3.5 mm; Dicke des alten Rhizoms 4.5 mm. In der Rhizomrinde grosse radiäre Lufthöhlen. In den Ausläufern 10—11 Leptome. W u r z e l n sind an der Basis der blühenden Sprosse am reichlichsten vorhanden. Die hier befindlichen Wurzeln I. Ordn. sind reichlich verzweigt; sie gehen grösstenteils wagerecht auswärts, Länge 20 –25 cm, Dicke 0.74—0.87 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.18—0.20 mm, 9 grosse Gefässe, wovon 3 Doppelgefässe, ausserhalb derselben 11 kleine Gefässe, 11 Leptome. In der Innenrinde sind tangentiale Interzellularräume in ugf. 20 radiären Reihen. Die Epidermiszellen der alten Wurzeln I. Ordn. mit Wurzelhaaren sind beinahe gänzlich verschwunden. Länge der Wurzeln II. Ordn. 5—5.5 cm, daran spärlich Wurzelhaare. Die an den Spitzen der Ausläufer gebildeten Wurzeln I. Ordn. gehen meistens gerade abwärts in den Schlamm, ugf. 14 –20 cm tief; deren Dicke 1.92 – 2.0 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.53 mm, 15 Gefässe, davon einige Doppelgefässe, die grössten Gefässe 33—35 μ. Diese Wurzeln haben reichlich hellgelbe Wurzelhaare, deren Länge 0.2—0.3 mm beträgt. Unter der Epidermis 2—3 Schichten kleiner Zellen, in der Innenrinde 24 Interzellularräume.

Carex caespitosa L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 40) ist das Rhizom kurz, ungegliedert, ohne Ausläufer. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 460 –461) »voxer *Carex caespitosa* i meget taette Tuer, hvis saerdeles talrige, omtrent lodrette, lange og staerke Rødder ere indfiltrede mellem hverandre og danne sammen

med de nedre, bortdøende Staengelpartier et ganske overordentlig taet og staerkt Vaev; Rødderne ere c. 1 Mm tykke og kunne blive c. 0.5 M. lange, de ere meget elastiske; i Oktober Maaned led Rødderne sig straekke indtil over 40 % af deres Laengde før de gik i Stykker».

Probefl. 50 (Braunmoor-Bülte, S. 41). 23. VII, 1. VIII u. 9. VIII. 1928 (7 Indiv. zus.).

Die Pflanzen wachsen in ziemlich dichten Rasen. Bei einem untersuchten Individuum steigt das sympodial verzweigte Rhizom aufwärts in der Bülte, ugf. 20 cm lang, vielverzweigt, wenigstens 3 Jahre alt. Dicke des Rhizoms 1.2—1.52 mm, wächst nach unten oder nach oben, je nachdem das Moos der Bülte wächst. Die älteren Teile des Rhizoms und die davon ausgehenden Wurzeln sind teilweise abgestorben. Das dichteste von lebendigen Wurzeln gebildete Wurzelwerk wächst in dem allerobersten Torfe. Die längsten lebendigen Wurzeln I. Ordn. 30—40 cm lang, gehen bis 50 cm tief. Die jüngeren Wurzeln I. Ordn. braun, die älteren graulich braun. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.87—1.2 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.2—0.6 mm, 7—10 grosse Gefässe (30—36 μ). In der Innenrinde grosse tangentiale Interzellularen. Alle Wurzeln sehr dicht behaart, Länge der Haare an den Wurzeln I. Ordn. 0.6—1.2 mm, an denen II. Ordn. 0.60 mm, an denen III. Ordn. 0.4—0.6 mm, an denen IV. Ordn. 0.32—0.4 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.2—0.4 mm, III. Ordn. 0.16—0.24 mm, IV. Ordn. 0.04—0.08 mm. Tiefer in der Bülte sind dünnere, ineinander verstrickte Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 0.40—0.44 mm beträgt, sie haben reichlich weisse Wurzelhaare, deren Länge gewöhnlich 0.20 mm ist. An den übrigen Wurzeln sind die Haare hellgelb. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn., 30—35 %.

Probefl. 54 (Braunmoor-Reisermoor, S. 12). 19. VI. 1929. 2 Indiv.).

Das verzweigte Rhizom geht aufwärts in dem *Sphagnum fuscum*-Torf. Die Wurzeln gehen schräg und gerade abwärts in den Torf, die längsten Wurzeln I. Ordn. 40—45 cm lang, Tiefe 50—60 cm. Viele Wurzeln machen wegen der ihnen in den Weg kommenden Hindernisse viele Krümmungen. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 1.56—1.50 mm dick, Durchmesser des Zentralzylinders 0.37—1.40 mm. Weisse (farblose) Wurzelhaare sind reichlich vorhanden,

deren Länge 0.3—0.4 mm. In der Aussenrinde ist eine doppelte Schutzscheide, die äussere ist braun, die innere gelb. Im Zentralzylinder 9—10 Gefässe, von denen viele Doppelgefässe sind; ausserhalb derselben sind 16 St. kleine Gefässe. In der Innenrinde sind 25—30 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. (Fig. 40).

P r o b e f l. 6 3 (Braunmoor-Reisermoor, S. 44). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m wächst, sich senkrecht aufwärts verzweigend, in dem S-Torfe; dessen unterster Teil befindet sich ugf. 20—35 cm tief unter der Moosoberfläche. Dicke des Rhizoms 1.20—1.68 mm, Länge der Internodien 2.5—5 cm. Zentralzylinder 0.8 mm. Die Aussenrinde ist braun, mit 4—5 Zellschichten, ohne Interzellularen. In der Innenrinde unregelmässig liegende, ziemlich kleine Interzellularräume. Endodermis mit kleinen Zellen versehen, gelb. Im Innern des Zentralzylinders sind Markzellen. Die Leitbündel hadrozyklisch, sie sind mit einem von Schutzscheiden gebildeten Ring umgeben. W u r z e l n: Die Wurzeln dringen 50—60 cm tief in den unter dem S-Torfe befindlichen M-C-S-Torf ein. Die Wurzeln I. Ordn. braun, die dicksten 0.99 mm dick, Zentralzylinder 0.23 mm im Durchmesser, 7—10 Gefässe, davon viele Doppelgefässe, stellenweise sogar 4 kleine Gefässe zusammen, ausserhalb der zentralen Gefässe 16 kleine periphere Gefässe, 16 Leptome. Einige Wurzeln I. Ordn. sind abgebrochen, wo dann hinter der abgebrochenen Stelle dicke Wurzeln II. Ordn. entstanden sind (beinahe ebenso dicke wie die Wurzeln I. Ordn.). Sogar die ältesten Wurzeln I. Ordn. besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.25—0.62 mm beträgt. Die Aussenrinde stark, zu äusserst darin ein von dickwandigen braunen Zellen gebildeter Teil mit 3—4 Zellschichten und darunter 4 Schichten dickwandiger gelber Zellen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35 %.

P r o b e f l. 1 0 9 (anmooriger Wald, S. 52). 4. XI. 1929 (3 Indiv.).

Die Stengelbasis liegt ugf. 7—8 cm tief unter der Moosoberfläche. Die neuen Sprosse gehen von der Basis der alten gerade aufwärts, so dass der Rasen anwächst. Es sind auch einige wagerecht gehende Ausläufer vorhanden, deren Länge 7—14 cm ist und die Niederblätter und 8—10 Internodien besitzen. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen in dem unteren Teile des Mooses wagerecht aus-

wärts, teils aufwärts wachsende, verhältnismässig reichlich verzweigte Wurzeln I. Ordn. von 0.50 mm Dicke und 3—14 cm Länge. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1.5—4 cm, der Wurzeln III. Ordn. 1—2 cm. Die verzweigten Wurzeln sowie die Wurzeln I., II. und III. Ordn. besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.43—0.50 mm beträgt. Von der Sprossbasis gehen auch dicke Wurzeln I. Ordn. schräg oder gerade abwärts in den Torf, die längsten sind 30—34 cm lang, sie dringen durch die Bülte ein; Tiefe 40—50 cm. Viele von diesen langen Wurzeln I. Ordn. sind an der Spitze abgebrochen, und anstatt ihrer sind 2 oder 3 neue dicke Wurzeln II. Ordn. gewachsen. Übrigens haben diese Wurzeln. I. Ordn. sehr spärlich Wurzeln II. Ordn., deren Dicke 0.32—0.37 mm beträgt. An den Wurzeln I. Ordn. und ebenfalls an den Wurzeln II. Ordn. sind sehr viele (bei jeder Epidermiszelle) hellgelbe Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.37—0.62 mm beträgt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.24—1.28 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.25—0.32 mm, 10 Gefässe (30 μ), 18 Leptome. Die Epidermiszellen aufrecht, gelb. In der Aussenrinde eine hellere dickwandige Schutzscheide mit 3 Zellschichten. In der Innenrinde sind 16—18 Zellschichten, aber die Zellen sind grösstenteils verschwunden, so dass ugf. 30 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume gebildet sind. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35—40 %.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m verzweigt und in dem Torfe aufwärts steigend; seine Dicke 1.20—1.68 mm, Länge der Internodien 2.5—5 cm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.8 mm. Aussenrinde braun, 4—5 Zellschichten, ohne Interzellularräume. In der Innenrinde unregelmässig gebildete, verhältnismässig kleine Interzellularräume. Endodermis kleinzellig, gelb. Leitbündel hadrozyklisch, von einem Schutzscheidenring umgeben. Im Innern des Zentralzylinders Markzellen. Die ältesten, am tiefsten im Torfe wachsenden Rhizomteile sind oft abgestorben. Die W u r z e l n: Die Wurzeln sind braun, ältere graubraun, alle reichlich verzweigt; sie besitzen Wurzeln II.—IV. Ordn. Höher im Torfe gehen reichlich verzweigte dünnere Wurzeln I. Ordn. hin, deren Dicke 0.4—0.5 mm und deren Länge 3—14 cm beträgt. Diese Wurzeln (Oberflächenwurzeln) gehen von der Basis der oberirdischen Sprosse aus und laufen teils wagerecht, teils auch aufwärts in dem Torfe, sind oft ineinander verstrickt. Sie haben weisse Wurzelhaare.

deren Länge 0.20 mm beträgt. Von der Sprossbasis gehen auch dicke Wurzeln I. Ordn. aus, die tief in den Torf eindringen. Länge dieser Wurzeln 30—45 cm, Dicke 0.87—1.60 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.20—0.60 mm, 7—10 Gefässe (30—36 μ), davon viele Doppelgefässe; ausserhalb derselben 16—18 kleine Gefässe, 16—18 Leptome. Epidermiszellen dünnwandig, Wurzelhaare an beinahe jeder Epidermiszelle. In der Aussenrinde in dem

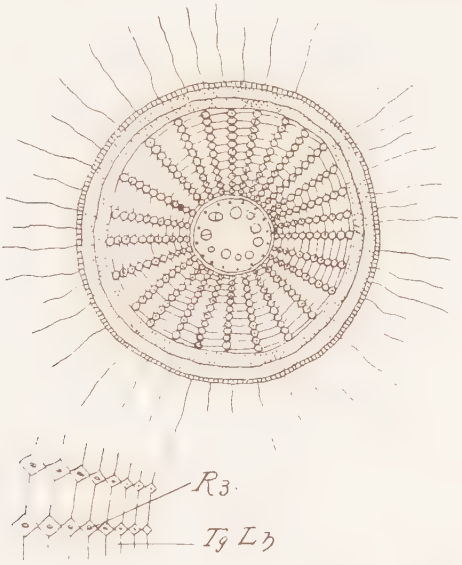


Fig. 10. *Carex caespitosa.* Wurzel I. Ordn.

äusseren Teil 3—4 Schichten dickwandiger brauner Zellen, innen ein dickwandiger gelber Teil mit 4 Zellschichten. In der Innenrinde jüngerer Wurzeln 16—18 Zellschichten und kleine Interzellularräume, in den älteren Wurzeln grosse tangentiale Interzellularen in 25—30 radiären Reihen. Einige Wurzeln I. Ordn. sind infolge des Bodenfrostes abgebrochen, wo dann hinter dem gebrochenen Punkt beinahe ebenso dicke Wurzeln wie diejenigen I. Ordn. gewachsen sind. Die Länge der Wurzelhaare ist an den Wurzeln I. Ordn. 0.6—1.2 mm, an denen II. Ordn. 0.60 mm, an denen III. Ordn. 0.4—0.6 mm, an denen IV. Ordn. 0.32—0.40 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.2—0.4 mm, der III. Ordn. 0.16—0.24 mm und die der IV. Ordn.

0.04—0.08 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1.5—4 cm, der III. Ordn. 1—2 cm. Die maximale Tiefe der Wurzeln wechselt von 40—60 cm. Dehnbarkeit der dicken Wurzeln I. Ordn. 30—40 % (noch am 4. XI.).

Carex Goodenoughii Gay.

Literaturangaben: Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 464) »De laengste Udloberne kun 30 Ctm lange». Nach Mela-Cajander (1906, S. 134) gewöhnlich Ausläufer bildend, kaum oder nicht Rasen bildend.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 1. VII. 1927 (2 Indiv.).

Rhizom und Ausläufer: Das alte Rhizom, mit Blattnarben und Überresten fauler Blätter, ist ugf. 10 cm lang, in wagerechter Stellung ca. 3 cm tief unter der Oberfläche. Davon steigt der oberirdische blühende Spross auf, dessen unterirdischer Teil einigermassen angeschwollen und mit braunen, verwelkten Blattscheiden versehen ist. Dieser entsendet einen neuen wagerechten Ausläufer, der 10 cm lang ist und schuppenartige Niederblätter hat; an seinem Ende steigt ein steriler Spross zur Bodenoberfläche empor.

Die Wurzeln: An der Basis der blühenden Sprosse wachsen dimorphe Wurzeln hervor, dünnere und dickere. Die dünneren Wurzeln sind kürzer, ca. 5—8 cm lang, und wachsen ganz nahe der Oberfläche, beinahe wagerecht. Diese Wurzeln sind reichlich verzweigt, die Dicke ihrer dünneren Seitenwurzeln beträgt 0.04 mm. An diesen oberflächlichen Wurzeln und ihren feinen Wurzelzweigen sind reichlich Wurzelhaare vorhanden, die eine Länge 0.12—0.48 mm haben. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. 0.60—1.08 mm dick, Zentralzylinder 0.28 mm im Durchmesser, 5—6 Gefässe (30—35 μ), ausserhalb von ihnen 11—12 kleine periphere Gefässe. Epidermis nebst Wurzelhaaren bei den älteren Wurzeln verschwunden. Unter der Epidermis ist in der Aussenrinde eine Schutzscheide mit 4—5 Zellschichten, ohne Interzellularen. In der Innenrinde sind 10—11 Zellschichten; in den älteren Wurzeln sind tangentiale Interzellularräume in 12—13 radiären Reihen. Die langen Wurzeln I. Ordn. 15—20 cm lang, die längsten 27—30 cm; ihre Tiefe 25—30 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16—0.24 mm, ihre Länge 1.5—3.5 cm. Die langen und

dicken Wurzeln I. Ordn. gehen grösstenteils wagerecht seitwärts; es sind jedoch auch gerade abwärts gehende Wurzeln vorhanden. Das tiefste und reichlichste Wurzelsystem wächst indessen 0—10 cm tief. Die an der Spitze des neuen Ausläufers gebildeten Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt, weiss und kurz, 1—6 cm lang.

P r o b e f l. 5 6 (*Rimpi*-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928. (4 Indiv.).

Das R h i z o m wächst wagerecht, ugf. 2—3 cm tief in dem Braunmoos. Bei vielen Individuen ist das alte Rhizom teilweise oder gänzlich verfault. Länge des neuen Ausläufers 6—8 cm, Dicke ca. 1.5 mm, daran viele schuppenartige Niederblätter.

W u r z e l n: Von der Basis der blühenden Sprosse wachsen wagerecht und schräg abwärts in das Moos und den Torf dimorphe Wurzeln I. Ordn., dickere und dünnere. Die dicken Wurzeln I. Ordn. sind meistens kurz, ufg. 5—10 cm lang, 1.0 mm dick; diese besitzen wenig Wurzeln II. Ordn. An diesen Wurzeln sind zahlreiche gelbe Wurzelhaare zu finden, deren Länge 0.3—0.4 mm beträgt. Dicke der feineren Wurzeln I. Ordn. 0.35 mm, deren Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm dick; sogar einige Wurzeln III. Ordn. sitzen an diesen Wurzeln. Durchmesser des Zentralzylinders der dicken Wurzeln I. Ordn. 0.18 mm, in letzterem 12 Gefässe (20 μ). Viele ältere Wurzeln I. Ordn. sind abgebrochen, und hinter der abgebrochenen Stelle sind eine Menge dicke Wurzeln II. Ordn. entstanden. Die meisten Wurzeln wachsen nahe der Oberfläche, gewöhnlich in 0—10 cm Tiefe. (Maximale Tiefe nicht untersucht.)

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 22. VII. 1928. (3 Indiv.).

In der Moosbülte kriechend, Ausläufer, aber keine Rasen bildend. Das alte, teilweise verfaulte Rhizom ca. 4—6 cm tief im Moose; Länge des Rhizoms 5—6 cm. Das Rhizom kann sich auch verzweigen. Von der Basis des blühenden Sprosses gehen Wurzeln aus, sowohl gerade abwärts in den Torf als wagerecht in das Moos. Länge der Wurzeln I. Ordn. 13—18 cm, Tiefe 15—25 cm, einige dicke Wurzeln I. Ordn. gehen 40—45 cm tief. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 0.78—0.80 mm dick, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12 mm. Gelbe Wurzelhaare sind reichlich vorhanden. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm.

P r o b e f l. 2 2 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 26. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die Stengelbasen ugf. 8 cm tief in *Sphagnum;* bilden kleine Rasen. Von ihrer Basis gehen wagerechte Ausläufer aus, z. B. 4 St. oft nach derselben Richtung. Die Spitzen der Ausläufer wachsen aufwärts, diese bilden Stengel und Blätter, die Länge der Ausläufer ist 9—16 cm. Die Dicke der Wurzeln ist verschieden; die meisten Wurzeln sind reichlich in Wurzeln II. Ordn. und in einige III. Ordn. verzweigt. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 1.20 mm dick, Zentralzylinder 0.30—0.32 mm im Durchmesser, 12 grosse Gefässe. Die an den Spitzen der neuen Ausläufer gebildeten jungen Wurzeln I. Ordn. sind meistens unverzweigt; an einigen sind einfache Wurzeln II.Ordn. vorhanden. In diesen jungen Wurzeln I. Ordn. ist der Zentralzylinder 0.18—0.20 mm im Durchmesser, 9—10 Gefässe (20—22 μ), ausserhalb derselben 16—17 kleine periphere Gefässe. Ganz oben, an der Basis der blühenden Sprosse, sind dünne Wurzeln I. Ordn. in der Richtung der Oberfläche mit einfachen Wurzeln II. Ordn. An den Zweigen (II.—IV. Ordn.) der dicksten Wurzeln I. Ordn. sind auch zahlreiche weisse Wurzelhaare zu sehen, deren Länge sogar 1.2 mm beträgt. Die meisten Wurzeln gehen schräg abwärts und ihre Seitenwurzeln nach allen Richtungen. Die längsten alten Wurzeln I. Ordn. 20—24 cm lang, ihre Tiefe 20—25 cm; die an der Spitze der Ausläufer befindlichen Wurzeln I. Ordn. 10—14 cm lang, Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—4 cm, der Wurzeln III. Ordn. 0.5—1.5 cm. Das vorjährige Rhzom an der Basiis der blühenden Sprosse ist abgestorben.

P r o b e f l. 4 8 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 10. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Das Rh i z o m 1.2—1.4 mm dick, der Zentralzylinder 0.64 mm im Durchmesser. Zu äusserst in der Aussenrinde eine braune, im Innern farblose Schutzscheide ohne Interzellularen. In der Innenrinde 25—26 radiäre grosse Lufthöhlen (Fig. 41). Im Zentralzylinder 30—36 St. hadrozyklische Leitbündel. In der Mitte eine Höhle. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25 %.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 13. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Die längsten Wurzeln I. Ordn. 24—30 cm lang; ihre Tiefe 15—20 cm. Die nahe der Oberfläche verlaufenden Wurzeln verhältnismässig reichlich verzweigt. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. weniger verzweigt, Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10—0.12 mm.

P r o b e f l. 4 6 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 20. VI. u. 26. VII 1929 (5 Indiv. zus.).

Das R h i z o m schwarzbraun, mehrjährig, ugf. 3 mm dick, in wagerechter Stellung kriechend; verzweigt sich im oberen Teile des Torfes. Von alten oberirdischen Sprossen sind Überreste verwelkter Blätter übrig. Von der Basis des blühenden Sprosses gehen wagerecht in das Moos und den oberen Torf reichlich durchweg verzweigte, verhältnismässig dünne Wurzeln I. Ordn. Von den älteren Rhizomteilen gehen schwarzbraune Wurzeln I. Ordn. von 1.0—1.05 mm Dicke aus, an diesen Wurzeln sitzen wenig Wurzeln II. und III. Ordn. Zentralzylinder der dünneren Wurzeln I. Ordn. 0.14 mm, 9 Gefässe. In der Innenrinde 20—22 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Innerhalb der Exodermis eine Schutzscheide mit 3—4 Zellschichten. Die gelbe Innenwand der Endodermis verdickt. In den älteren Wurzeln I. Ordn. 12 grosse Gefässe, Zentralzylinder 0.22 mm im Durchmesser. Unter der Exodermis ein mechanisches Gewebe mit 3—4 Zellschichten. Länge der Wurzeln II. Ordn. 3—4 cm, Dicke 0.10 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 4—6 mm, Dicke 0.08 mm. An den Wurzeln II. und III. Ordn. sind gelbe Wurzelhaare zu finden. Bei den am 26. VIII. untersuchten Pflanzen ist die Länge der neuen Ausläufer 8—10 cm. An der Basis der blühenden Sprosse reichlich verzweigte Oberflächenwurzeln, wo die Wurzeln I. Ordn. dünn, 0.30—0.45 mm dick sind. Die dicken Wurzeln wie oben; die Länge von deren Wurzeln II. Ordn. 5—8 cm. Die dicken Wurzeln I. Ordn. wachsen zuerst ein wenig auswärts und gehen dann abwärts. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 60—70 cm lang; ihre Tiefe 50—60 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25—30 %.

P r o b e f l. 4 7 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 26. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die A u s l ä u f e r wagerecht, ihre Länge 8—10 cm. Von der Basis der blühenden Sprosse gehen an der Oberfläche hinlaufende wagerechte, reichlich verzweigte W u r z e l n aus, deren Dicke 0.3—0.4 mm beträgt. Von der Sprossbasis gehen auch einige 1.0—1.1 mm dicke Wurzeln I. Ordn. aus, die zuerst auswärts wachsen, dann abwärts gehen, wobei die längsten von ihnen 40—50 cm tief reichen; sie besitzen spärlich Wurzeln II. Ordn. (Entfernung voneinander 0.5—2 cm). Einige Wurzeln II. Ordn. haben kurze Seitenwurzeln III. Ordn. Das Wurzelsystem an der Oberfläche ist viel dichter

und reichlicher als das »Tiefwurzelsystem». Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25—35 %.

P r o b e f l. 6 6 (sandiges Meeresufer, S. 44). 16. IX. 1928 (2 Indiv.).

Wachsen in kleinen dichten Rasen auf Sandufer. Die neuen Ausläufer gehen gerade aufwärts gegen die Oberfläche, die Länge dieser Ausläufer ist nur 1—2 cm. Der Oberfläche zunächst sind ungemein dicht verzweigte dünne Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 0.25 -0.31 mm beträgt; Wurzeln II. Ordn. 1.12 mm dick; Wurzeln III. und IV. Ordn. 0.04—0.08 mm dick. Wurzelhaare der Wurzeln II., III. und IV. Ordn. 0.18—1.37 mm lang. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. 0.68 mm dick, ihre Länge gewöhnlich 6—8 cm, einige über 10 cm; ihre Tiefe 10—15 cm, gehen abwärts in den Sand. Diese Wurzeln sind spärlicher als die dünneren Wurzeln verzweigt. Viele gelbe Wurzelhaare vorhanden. Zentralzylinder in den Wurzeln I. Ordn., 0.14 mm im Durchmesser, 5 Gefässe (ugf. 20 μ), ausserhalb derselben 14 kleine Gefässe. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25 %.

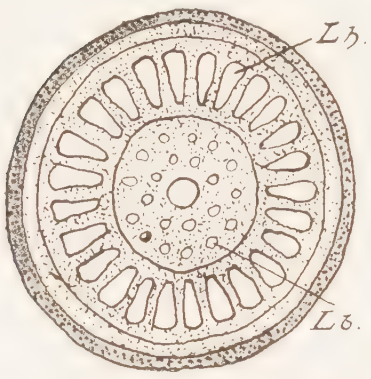


Fig. 41. *Carex Goodenoughii*. Rhizom. Schematisiert.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m wächst ziemlich wagerecht, 2—3 cm tief; die Länge beträkt 5—10 cm, die Dicke 1.2–3.0 mm. In der Aussenrinde des Rhizoms eine braune, innen eine farblose Schutzscheide, ohne Interzellularen. In der Innenrinde 25 26 grosse radiäre Lufthöhlen. Der Zentralzylinder 0.64 mm im Durchmesser, darin 30—36 hadrozyklische Leitbündel, in der Mitte eine grosse Höhle. Das Rhizom kann verzweigt sein, gewöhnlich sind seine älteren Teile verfault. Die neuen Ausläufer wagerecht, ihre Länge 9—16 cm (nach RAUNKIAER sogar 30 cm).

W u r z e l n: Von der Basis der blühenden Sprosse gehen dimorphe (auf der Probefl. 22 polymorphe) Wurzeln I. Ordn. aus, dünnere und dickere. Dicke der dünneren Wurzeln 0.30—0.45 mm, sie sind reichlich in Wurzeln II. und III. und sogar in Wurzeln IV.

Ordn. verzweigt. Diese Wurzeln wachsen beinahe wagerecht, nahe der Oberfläche, ihre Länge ist 5—8 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1.5—8.0 cm, ihre Dicke 0.10—0.24 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 0.3—1.5 cm, Dicke 0.08 mm. Die dünnsten Wurzeln IV. Ordn. 0.04 mm dick. Das reichste Wurzelsystem liegt in dem obersten Torfe, 0—10 cm tief. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. sind spärlich und undicht verzweigt, sie wachsen meistens schräg und gerade abwärts; ihre Dicke 0.60—1.20 mm, die meisten ca. 1.0 mm dick; die Länge wechselt sehr, von 5 bis 70 cm; die Tiefe von 20 bis 60 cm. (Auf der Probefl. 46 ist die maximale Tiefe 50—60 cm, auf der Probefl. 47 40—50 cm.) Der Zentralzylinder einer 0.80 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.12 mm im Durchmesser, der einer 1.20 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.30—0.32 mm, darin 12 grosse Gefässe, Bei einer 1.08 mm dicken Wurzel I. Ordn. der Durchmesser des Zentralzylinders 0.22 mm, darin 5—6 Gefässe (30 –35 μ), ausserhalb derselben 11—12 kleine Gefässe. Die Epidermis bei älteren Wurzeln mit den Wurzelhaaren verschwunden. Unter der Epidermis in der Aussenrinde eine mechanische Schutzscheide aus 3—5 Zellschichten ohne Interzellularen. In der Innenrinde 10—11 Zellschichten, in den älteren Wurzeln tangentiale Interzellularräume in 12—13 radiären Reihen. Die Wurzeln I. Ordn. sind infolge des Bodenfrostes bisweilen abgebrochen, wo dann hinter der abgebrochenen Stelle dicke Wurzeln II. Ordn. entstanden sind. Wurzelhaare sind an den Seitenwurzeln der dicken Wurzeln reichlich vorhanden, ebenso an den dünneren Wurzeln I. Ordn. und an deren Seitenwurzeln; die längsten Haare 1.2 mm lang, allgemeine Länge 0.30 –0.48 mm. Die Haare sind weiss oder gelb. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25 –35 %. An den Spitzen der neuen Ausläufer wachsen weisse, fast unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren Länge 1—14 cm beträgt. Durchmesser des Zentralzylinders in diesen Wurzeln 0.18—0.20 mm, 9—10 Gefässe (20 – 22 μ), ausserhalb derselben 16—17 kleine periphere Gefässe. Bei den auf Sandufern (Probefl. 66) wachsenden Individuen sind die dicken Wurzeln dünner, 0.68 mm dick, der Zentralzylinder in diesen 0.14 mm im Durchmesser, 5 Gefässe (20 μ), 14 periphere kleine Gefässe. An den Wurzeln zahlreiche gelbe Wurzelhaare. Die Wurzeln ungemein reichlich in Wurzeln II.—IV. Ordn. verzweigt.

Carex Goodenoughii v. *juncella* Fr.

Ich richtete erst keine Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Formen von *Carex Goodenoughii*, sondern behandelte sie alle als Grundform. Nur auf den folgenden Probeflächen ist *C. Goodenoughii v. juncella Fr.* näher bestimmt.

Probefl. 4 5 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 2. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die Wurzeln I. Ordn. sind 1.05—1.12 mm dick, der Zentralzylinder 0.25—0.29 mm im Durchmesser, 9—11 Gefässe (20—40 μ), ausserhalb derselben 16—20 kleine Gefässe. Epidermiszellen gross, daran reichlich gelbe Wurzelhaare von 0.25—0.38 mm Länge. In der Aussenrinde ist zu äusserst eine braune Schutzscheide von 3 Zellschichten, innen eine farblose Schutzscheide von 3 Zellschichten; keine Interzellularräume. In der Innenrinde 15 Zellschichten, tangentiale Interzellularräume in ugf. 20 radiären Reihen, in jeder 10 Interzellularräume. Die dicken Wurzeln I. Ordn. gehen 40—50 cm tief. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35 %.

Probefl. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 6. VIII. 1929. (Profil.) Die Wurzeln gehen 20—30 cm tief.

Probefl. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 22. VII. 1929. (Profil). Die Wurzeln gehen 40—50 cm tief.

Carex echinata Murr.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 9) ist das Rhizom kurz, ungegliedert.

Probefl. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 9. VII. 1927, 21. VII. u. 5. VIII. 1928 (13 Indiv. zus.).

Kleine, aber nicht dichte Rasen bildend. Bei einigen Individuen steigt von der Basis ein kurzer Rhizomzweig auf, dessen Länge 1—2 cm ist, sonst fehlen die kriechenden Rhizome. An dem kurzen Rhizom gehen von der Basis der unterirdischen Sprosse radiär nach verschiedenen Richtungen trimorphe Wurzeln: 1) alte, teilweise verdorrte und schwarze, deren Länge 3 -7 cm ist, sie laufen ziemlich nach allen Richtungen, auch wagerecht in den Torf, 2) kurze, lebende, reichlich verzweigte Wurzeln I. Ordn., die meisten in wagerech-

ter Richtung, 3) junge, weisse, fast unverzweigte Wurzeln I. Ordn., die gewöhnlich länger als die übrigen Wurzeln sind; ihre Länge ist 9—23 cm. Die verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind gelb. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.6—0.8 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.18 mm, 5—6 Gefässe (20—25 μ). An den jungen Wurzeln I. Ordn. und an den Wurzeln II. Ordn. sind reichlich Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.45—0.60 mm beträgt. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. ist gewöhnlich 0.12—0.15 mm, einige sind 0.35 mm dick. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—25 %. Tiefe der Wurzeln meistens 5—10, einige 10—15 cm.

P r o b e f l. 3 2 (Krautmoor; *Calla*-Moor, S. 37). 25. VII. 1927 (5 Indiv.).

Dichte kleine Rasen bildend; die kriechenden R h i z o m e fehlen. Die langen und geraden W u r z e l n gehen nach jeder Richtung abwärts in das *Sphagnum* und den wässrigen Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. gewöhnlich über 20 cm, die längsten 30—39 cm, ihre Tiefe 25—30 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.56—0.70 mm. Die Wurzeln II. Ordn. zart, ihre Dicke 0.12 mm. Auch Wurzeln III. Ordn. sind vorhanden. Wurzelhaare finden sich an allen Wurzeln. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25—30 %.

P r o b e f l. 5 6 (*Rimpi*-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928 (5 Indiv.).

Rasen (Bülten) bildend. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen an der Grenze des Mooses und des Torfes hinlaufende dünne und reichlich verzweigte Wurzeln aus, deren Dicke 0.28 mm beträgt, die Dicke von deren Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.10 mm, die der III. Ordn. 0.08 mm. Die Wurzeln III. Ordn. tragen reichlich Wurzelhaare. Auch dickere Wurzeln I. Ordn. kommen vor, deren Dicke 0.72 mm ist und deren Länge gewöhnlich 9—12 cm beträgt; sie gehen z. T. wagerecht in das Moos und schräg abwärts in den Torf, gewöhnlich 5—15 cm tief. An diesen Wurzeln I. Ordn. finden sich Wurzelhaare, deren Länge 0.4—0.8 mm beträgt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16—0.18 mm, Länge der Haare an diesen 0.4—0.6 mm. Infolge des Bodenfrostes sind die Wurzeln I. Ordn. an den Spitzen oft abgebrochen, wonach hinter der abgebrochenen Stelle dicke Wurzeln II. Ordn. entstanden sind, gewöhnlich 2 St. Die Dicke dieser Wurzeln II. Ordn. 0.36—0.48 mm, sie besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.4—0.5 mm beträgt.

P r o b e f l. 7 0 (Multbeerbruch, S .45). 23. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die ältesten Rhizomteile ugf. 2 -3 cm tief im Torfe, davon steigen einige 3.0—3.5 cm lange Rhizomzweige gerade aufwärts in das Moos. Die von dem ältesten Rhizomteil ausgehenden Wurzeln sind meistens tot, doch sind darunter auch lebende Wurzeln; Dicke 0.62 – 0.68 mm, Zentralzylinder 0.14 -0.18 mm, 6 zentrale Gefässe (20 μ), ausserhalb derselben 14 kleine Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.18—0.20 mm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 10—14 cm lang, ihre Tiefe 10—15 cm. Von der Basis der oberen Sprosse gehen dünnere und reichlicher verzweigte Wurzeln aus, die in wagerechter Richtung in das Moos laufen. Dicke dieser Wurzeln 0.44 mm; an diesen sind reichlich Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.5 - 0.6 mm beträgt. Die Wurzeln II. Ordn. an diesen Wurzeln 0.08 –0.10 mm dick, die Haare an diesen 0.48—0.80 mm lang. Ältere Wurzeln haben wenig oder keine Wurzelhaare.

P r o b e f l. 9 8 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 28. VII. 1928 (4 Indiv.).

Ziemlich feste kleine Rasen bildend, deren Basis ugf. 3 cm tief unter der Braunmoosfläche liegt. Die Wurzeln trimorph: 1) weisse, beinahe unverzweigte junge Wurzeln I. Ordn., 2) reichlicher verzweigte, gelblich braune Wurzeln I. Ordn. und 3) alte, schwarzbraune, an den Spitzen tote Wurzeln I. Ordn. Die meisten Wurzeln gehen wagerecht auswärts in den oberen Teil des Torfes, einige schräg abwärts. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 12.5—20 cm lang, Zentralzylinder 0.18 0.20 mm im Durchmesser, 7—10 Gefässe (20—25 μ). An den jüngeren Wurzeln I. Ordn. finden sich wenig Wurzelhaare, deren Länge 0.4 1.0 mm beträgt. Bei den älteren Wurzeln I. Ordn. Epidermis mit Wurzelhaaren verschwunden, unter der Epidermis eine dünnwandige Exodermis und darunter eine Schutzscheide von 3 Zellschichten, mit dickwandigen Zellen. In der Innenrinde 10—11 Zellschichten und tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.13 0.28 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 25 30 %.

P r o b e f l. 9 0 (bültenreiches Reisermoor, S. 49). 10. VII. 1929 (1 Indiv.).

Im oberen Teile des Torfes gehen wagerecht laufende kurze und reichlich verzweigte dünne Wurzeln I. Ordn. hin, deren Dicke 0.28 mm und deren Länge nur einige Zentimeter beträgt; ihre Wurzeln II.

Ordn. 0.10 mm dick. An diesen Wurzeln sind 30—40 weisse Wurzelhaare pro 1 mm. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. gehen schräg abwärts, ihre Tiefe ist ugf. 20 cm; sie sind sehr spärlich verzweigt, ihre Länge beträgt 20—30 cm, ihre Dicke 0.87—0.90 mm; Durchmesser des Zentralzylinders 0.22 mm.

Probefl. 50 (Braunmoor-Bülte, S. 41). 10. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Von dem ugf. 5—6 cm tief im Moose wachsenden ältesten Rhizomteil steigen bei dem einen 2, bei dem anderen 3 Rhizomzweige gerade aufwärts. Dicke dieser Rhizome 0.62 mm, Länge 1.5—2.5 cm. Der Zentralzylinder des Rhizoms 0.37 mm im Durchmesser. In der Mitte eine kleine Höhle, in der Rinde 8—10 grosse Höhlen. Die Leitbündel entweder hadrozyklisch oder kollateral. In der Aussenrinde 3 Zellschichten; die Wände sind nicht verdickt.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 6. VIII. 1929. (Profil). Die Wurzeln gehen 10—20 cm tief.

Probefl. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 13. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Das in wagerechter Stellung ugf. 4 cm tief in dem oberen Teile des Torfes wachsende Rhizom bei der untersuchten Pflanze 6 cm lang, 1.5—1.6 mm dick; Zentralzylinder 0.60—0.68 mm im Durchmesser. Das Mark inmitten des Zentralzylinders wird zuletzt zu einer Höhle aufgelöst. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Leitbündel hadrozyklisch, die längsten Wurzeln I. Ordn., meistens unverzweigt, Länge 20—35.5 cm, Tiefe 10—20 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 30—35 %. An der Oberfläche des Torfes sind reichlich verzweigte dünnere Wurzeln vorhanden.

Zusammenfassung: Das Rhizom kurz und kurzgegliedert (das längste beobachtete Rhizom 6 cm; Länge der Zweige 1—3.5 cm), gewöhnlich nicht ausläuferbildend. Dicke des Rhizoms 1.5—1.6 mm, Dicke der Zweige 0.62 mm; Zentralzylinder des Rhizoms 0.60—0.68 mm, Zentralzylinder der Zweige 0.37 mm. In der Mitte eine kleine Höhle, in der Rinde 8—10 grosse Lufthöhlen. Leitbündel meistens hadrozyklisch. In der Aussenrinde 3 Zellschichten, die Wände sind nicht verdickt. Wurzeln: Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehenh dimorphe Wurzel I. Ordn. aus, dünnere, in der Richtung der Oberfläche und dickere, nach verschiedenen Richtungen wachsende Wurzeln. Dicke der dünneren Wurzeln 0.28—0.14 mm.

Sie sind reichlich mit Wurzeln II. und III. Ordn. versehen; Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.10 mm, der III. Ordn. 0.08 mm. An diesen Wurzeln sind Wurzelhaare reichlich vorhanden; an den Wurzeln II. Ordn. 20—30 Haare pro 1 mm; Länge der Haare 0.5—0.6 mm. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. sind trimorph: 1) junge, weisse, beinahe unverzweigte Wurzeln, deren Länge 9—39 cm beträgt, 2) kürzere, reichlich verzweigte, gelbe Wurzeln und 3) teilweise tote, schwarze Wurzeln von 3—7 cm Länge. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.56—1.04 mm, Zentralzylinder 0.14—0.22 mm, gewöhnlich 5—6 Gefässe (20—25 μ) (in einigen Wurzeln im Zentralzylinder 7—10 Gefässe), ausserhalb derselben 14 kleine Gefässe. In den alten Wurzeln I. Ordn. Epidermis mit Wurzelhaaren meistens verschwunden; unten die dünnwandige Exodermis und darunter eine dickwandige Schutzscheide mit 3 Zellschichten. In der Innenrinde 10—11 Zellschichten, tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen. Weisse Wurzelhaare sind an allen lebendigen Wurzeln vorhanden, deren Länge 0.2—0.8 mm; an den jungen Wurzeln die längsten Haare, Länge 0.4—1.0 mm. Die dicken Wurzeln I. Ordn. sind spärlich verzweigt, Dicke ihrer Wurzeln II. Ordn. höchstens 0.28—0.35 mm, auch einige Wurzeln III. Ordn. sind vorhanden. Unter der Einwirkung des Bodenfrostes sind einige Wurzeln I. Ordn. abgebrochen, wo hinter der abgebrochenen Stelle oft 2 St. 0.36—0.48 mm dicke Wurzeln II. Ordn. mit reichlichen Wurzelhaaren von 0.4—0.5 mm Länge angewachsen sind. Die längsten Wurzeln I. Ordn. im wässrigen C-S-Torfe (Probefl. 32; H_3B_4); im A-C-Torfe (Probefl. 98) sind die Wurzeln kürzer. Die maximale Tiefe der Wurzeln schwankt zwischen 10 und 30 cm; auf der Probefl. 98 (Braunmoor-Reisermoor) 5—10 cm, auf der Probefl. 90 (Reisermoor) ugf. 20 cm und auf der Probefl. 32 (Krautmoor, *Calla*-Moor) 25—30 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—35 %.

Carex canescens L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 25) ist das Rhizom kräftig, etwas kriechend, ungegliedert, kurze Ausläufer treibend.

Probefl. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 5. VIII. 1927 (2 Indiv.).

Lockere Rasen bildend. Der älteste Rhizomteil 1.5—2.0 cm lang, ca. 4—5 cm tief im Torfe, verzweigt sich oft in zwei im Moose aufwärtssteigende Rhizomzweige, deren Länge 1.5—3.0 cm beträgt; diese schlagen Wurzeln und treiben oberirdische Sprosse aufwärts. Die von dem ältesten Rhizomteil ausgehenden Wurzeln sind meistens abgestorben. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen in das Moos reichlich verzweigte dünne Wurzeln, manche von diesen wachsen aufwärts, andere seitwärts. Von der Basis der blühenden Sprosse gehen auch dickere Wurzeln I. Ordn. aus, die schief abwärts in den Torf gehen; die Dicke dieser Wurzeln beträgt 0.56—0.70 mm, Länge 12—16 cm, Tiefe 10—15 cm. Diese Wurzeln sind mit Wurzeln II. und III. Ordn. versehen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—4 cm, der III. Ordn. 2—5 mm. Von der Basis der blühenden Sprosse gehen auch junge, unverzweigte Wurzeln I. Ordn. aus, deren Dicke 0.5—0.7 mm, und deren Länge 12—20 cm beträgt. An den Wurzeln sind Wurzelhaare vorhanden.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 15 VII. 1927 u. 16. VIII. 1929 (5 u. 2 Indiv.).

Der untere, ein wenig erweiterte Teil des alten, verwelkten, ca. 2 cm langen Rhizoms, der ugf. 8—9 cm tief im Torfe sitzt, treibt gewöhnlich 2 neue Rhizomteile, den einen gerade, den anderen schräg aufwärts; Länge dieser Rhizomzweige 3.0—3.5 cm. Diese bewurzeln sich, von ihnen geht das Rhizom noch weiter aufwärts im *Sphagnum* und sendet kurze Wurzeln in das Moos, wonach der oberirdische Spross aufwärts wächst. Von der Basis der blühenden Sprosse gehen dicke Wurzeln I. Ordn., an denen einfache Wurzeln II. Ordn. haften, gerade abwärts in den Torf. Solche Wurzeln gibt es an der Basis des Sprosses nur wenige; Länge dieser Wurzeln 20—27 cm, die längsten 33—39 cm. Die Tiefe dieser Wurzeln ist 25—30 cm, sie gehen bis in den Lehm unter dem Torfe. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 0.68—0.76 mm, der Zentralzylinder 0.13 mm, 3 grosse Gefässe (25 μ), ausserhalb derselben 9 kleine Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen etwas platt, unten eine Schutzscheide aus 2 Zellschichten und kleinen Zellen. In der Innenrinde sind tangentiale Interzellularräume. Endodermis braun, dickwandig. An den älteren Wurzeln I. Ordn. sind wenig Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.3—0.4 mm. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. gewöhnlich nur 1.0—1.5 cm. Einige einzelne Wurzeln II. Ordn. 17—19 cm lang.

Die Wurzeln II. Ordn. besitzen mehr Wurzelhaare als diejenigen I. Ordn., Länge der Haare an den Wurzeln II. Ordn. 0.6—1.3 mm. Einige junge Wurzeln steigen an dem Stengel hin aufwärts. Die meisten lebendigen Wurzeln sind bräunlichgelb. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. ugf. 20 %.

P r o b e f l. 3 2 (Krautmoor, *Calla*-Moor, S. 37). 25. VII. 1927 (3 Indiv.).

Ziemlich dichte kleine Rasen bildend. Länge der neuen Rhizome 1.5—3.0 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. im Durchschnitt 16.5 cm (an 20 Wurzeln berechnet). Die längsten Wurzeln 24—26 cm, sie gehen zu oberst von den in das lebendigen Moos steigenden Rhizomteilen aus und wachsen im Moose und im wässrigen Torfe in einer Tiefe von 15—20 cm nach verschiedenen Richtungen. Wurzeln II. Ordn. verhältnismässig wenig vorhanden, die längsten 5—9 cm. Viele Wurzeln I. Ordn. gänzlich unverzweigt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—30 %.

P r o b e f l. 2 2 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 27. VII. 1928 (4 Indiv.).

Das R h i z o m gerade oder schief aufwärts kriechend, Länge der Internodien 2.0—2.5 cm. Die zu oberst von den Rhizomzweigen ausgehenden W u r z e l n beinahe unverzweigt und kurz, ugf. 1.5—8.0 cm lang, 0.24 mm dick. Sie wachsen beinahe wagerecht im Torfe; Dicke ihrer Wurzeln II. Ordn. 0.08 mm, Länge 3.2—7.3 mm. Die Länge der Wurzelhaare dieser dünneren Wurzeln beträgt 0.8—2.0 mm, ja sogar 2.4 mm. Von der Basis des Rhizoms gehen dickere Wurzeln I. Ordn. gerade seitwärts, schief abwärts und gerade abwärts in das Wasser. Die Dicke dieser Wurzeln 0.48—0.60 mm, die Dicke von deren Wurzeln II. Ordn. 0.10—0.16 mm. Wurzelhaare sind sowohl an diesen Wurzeln I. Ordn. als auch an deren Zweigen vorhanden, Länge der Haare der Wurzeln I. Ordn. 0.4—1.0 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.24—0.60 mm. An den weniger verzweigten Wurzeln I. Ordn. sind mehr Wurzelhaare als an den älteren Wurzeln I. Ordn. Zentralzylinder der dicken Wurzeln I. Ordn. 0.12 mm, in der Mitte 2 Gefässe (22—23 μ), ausserhalb davon 8 kleine Gefässe. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 26—27 cm lang; die Länge wechselt von 9—27 cm, die Tiefe von 25—30 cm. Wurzeln III. Ordn. sind nicht vorhanden.

P r o b e f l. 3 5 (Überwachsungsmoor, S. 37). 26. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die dünneren Wurzeln I. Ordn. 0.30—0.35 mm dick, die dickeren Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.62 mm dick. Durchmesser des Zentralzylinders in den dickeren Wurzeln 0.10—0.12 mm, 4 Gefässe. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—2 cm, Dicke 0.10—0.12 mm; auch einige Wurzeln III. Ordn. sind vorhanden, deren Länge 1.2—2.8 mm, Dicke 0.07—0.08 mm. An allen Wurzeln sind braungelbliche Wurzelhaare ziemlich reichlich vorhanden, deren Länge an den Wurzeln I. Ordn. 1.12—1.24 mm, an den Wurzeln II. Ordn. 0.87 –1.12 mm und an den Wurzeln III. Ordn. 0.62—0.74 mm. Die Wurzeln hellgelblich braun.

P r o b e f l. 2 0 (*Ledum*-Reisermoor; Wassergrube, S. 34). 19. VI. 1929 (2 Indiv.).

Die Wurzeln verlaufen teils wagerecht im *Sphagnum* an der Wasserfläche, teils gehen sie abwärts in den schlammigen Boden. Die längsten Wurzeln 35—40 cm, Tiefe unter der Wasserfläche 30 40 cm. Die Wurzeln sind lang, wenig verzweigt, weiss; Dicke der jungen Wurzeln I. Ordn. 0.56 mm, der Zentralzylinder mit den Gefässen ist schwach entwickelt; Durchmesser des Zentralzylinders 0.08 mm, in der Mitte 3 schwach entwickelte Gefässe, ausserhalb derselben 8—9 kleine Gefässe. Epidermis dünnwandig, mit grossen Zellen versehen. Unter der Exodermis ist keine dickwandige Aussenrinde vorhanden. In der Innenrinde sind runde Zellen und kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume. An den jungen Wurzeln I. Ordn. sind Wurzelhaare reichlich vorhanden, deren Länge beträgt 0.87 1.12 mm.

P r o b e f l. 2 1 (*Ledum*-Reisermoor, S. 34). 19. VI. 1929 (1 Indiv.).

Die Pflanze bildet einen ziemlich festen kleinen Rasen. Die Wurzeln I. Ordn. 15 -16 cm lang, gelb, kriechend und reichlich in Wurzeln II.—IV. Ordn. verzweigt. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.5 –0.6 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12 mm, 4 Gefässe (20 μ). Epidermis dünnwandig, die Höhe der Zellen grösser als die Breite. Die Exodermiszellen dünnwandig, kleiner und runder als die Epidermiszellen. In der Aussenrinde noch 2—3 Zellschichten dickwandiger Zellen. Bei den älteren

Wurzeln das Zellgewebe in der Innenrinde gänzlich verschwunden. Die Innenwand der Endodermis ist verdickt. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.28—0.30 mm. Wurzelhaare sind sowohl an den Wurzeln I. Ordn. als auch an den Seitenwurzeln reichlich vorhanden.

P r o b e f l. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 23. VI. 1929 (2 Indiv.).

Der untere Teil des Stengels ugf. 4—5 cm tief unter der Oberfläche. Zweierlei Wurzeln I. Ordn. sind vorhanden: weisse unverzweigte und hellbraune, verzweigte Wurzeln. Die Dicke der weissen Wurzeln 0.50—0.56 mm, deren Zentralzylinder 0.12—0.14 mm, 5 Gefässe (20—25 μ), 12? kleine Gefässe ausserhalb davon. Die Epidermis- und Exodermiszellen ziemlich gross, dünnwandig, fast rund. Wurzelhaare sind verhältnismässig wenig vorhanden, deren Länge 0.25 mm. In der Aussenrinde 3 Zellschichten ohne Interzellularen. In der Innenrinde 4-eckige Interzellularräume. Endodermis dünnwandig. Die älteren Wurzeln I. Ordn. 0.62 mm dick, Zentralzylinder 0.14 mm im Durchmesser, 3 Gefässe (20—25 μ). Epidermis und Exodermis wie oben, unten eine gelbbraune Schutzscheide von 2—3 Zellschichten. In der Innenrinde sind anfangs tangentiale Interzellularräume, zuletzt verschwindet die Innenrinde gänzlich. Wurzelhaare gibt es verhältnismässig reichlich. Die Wurzeln gehen gewöhnlich 10—15 cm tief, einige 15—20 cm tief.

P r o b e f l. 2 7 (Weidenau, S. 36). 26. VI. 1929 (2 Indiv.).

Ziemlich grosse Rasen bildend. Die Wurzeln gehen radiär abwärts in den schlammigen Torf; Tiefe 15—20 cm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m in dem Torfe gewöhnlich in zwei oder drei Zweige verzweigt, die aufwärts steigen; Länge der ausläuferartigen Rhizomzweige 1.5—3.5 cm. Der älteste Teil des Rhizoms 4—9 cm tief. Die W u r z e l n I. Ordn. sind trimorph: 1) dünne ugf. 0.24—0.35 mm dicke, reichlich verzweigte, meistenteils wagerechte Oberflächenwurzeln von 6—13 cm Länge, 2) dicke, spärlicher verzweigte, braungelbe von 0.50—0.76 mm Dicke und 12—40 cm Länge (im Wasser, Probefl. 20, die längsten Wurzeln I. Ordn.) und 3) unverzweigte junge, weisse Wurzeln, von 0.5—0.7 mm Dicke und 12—20 cm Länge. Von den dünnen Oberflächenwurzeln I. Ordn. wachsen einige auch aufwärts in das Moos, ebenso wachsen einige junge Wurzeln an dem Stengel hin aufwärts. Die dicken Wurzeln I. Ordn. gehen von der Basis der blühenden Sprosse aus und wachsen meistens

schief abwärts in den Torf, die Tiefe wechselt von 10 bis 40 cm; auf der Probefl. 20 (Wassergrube) die Tiefe 30—40 cm. Die im Wasser wachsenden Individuen (Probefl. 20 u. 22) haben an den dickeren Wurzeln I. Ordn. einfache Wurzeln II. Ordn., im Walde und auf einem *Ledum*-Moore (Probefl. 21) sind an diesen Wurzeln III. und IV. Ordn. vorhanden. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10—0.16 mm (auf der Probefl. 21 0.28—0.30 mm), Länge gewöhnlich 1 -4 cm (die längsten Wurzeln II. Ordn. 17—19 cm, Probefl. 13). Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.07—0.08 mm, Länge gewöhnlich 1—5 mm. Wurzelhaare sind an allen Wurzeln ungemein reichlich vorhanden, am wenigsten an den älteren Wurzeln I. Ordn. Die Haare sind braungelb, ihre Länge 0.24 –2.4 mm; die längsten Haare (2.0—2.4 mm) an den dünneren Wurzeln I. Ordn. und an deren Zweigen (Probefl. 22). Die Wurzeln III. Ordn. besitzen auch Wurzelhaare, deren Länge 0.62 –0.74 mm. Auf der Probefl. 21 (*Ledum*-Reisermoor) gibt es an allen Wurzeln reichlich Wurzelhaare. Der Zentralzylinder der älteren Wurzeln I. Ordn. 0.10 -0.14 mm im Durchmesser, in der Mitte 2—5 Gefässe (20 -25 μ), ausserhalb derselben 8—9 (12?) kleine Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen dünnwandig, unten eine Schutzscheide aus 2—3 Schichten kleiner Zellen. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume, zuletzt die Zellen der Innenrinde gänzlich verschwunden. Endodermis braun, dickwandig. In den jungen Wurzeln I. Ordn. ist der Zentralzylinder schwach entwickelt, dessen Durchmesser 0.08 mm, darin 3 schwach entwickelte Gefässe in der Mitte, ausserhalb derselben 8—9 kleine Gefässe. Die Epidermiszellen dünnwandig, die Zellen rund. Exodermis dünnwandig; unten sind keine dickwandigen Zellen in der Aussenrinde vorhanden. In der Innenrinde kleine runde Zellen und 3- und 4-eckige Interzellularräume. Die jungen Wurzeln besitzen reichlich Wurzelhaare. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. (der älteren) 20 –30 %.

Carex loliacea L.

Literaturangaben: Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 29) treibt das Rhizom kurze Ausläufer.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 28. VI. 1927 (5 Indiv.).

Der älteste Rhizomteil im oberen Teile des Torfes, ugf. 4 5 cm unter der Moosoberfläche. Das Rhizom verzweigt sich oft in zwei oder drei Zweige, welche Wurzeln entwickeln und oberirdische Sprosse aufwärts treiben; Länge der Internodien 1—2.5 cm. Einige Individuen sind etwas rasenbildend. Von dem oberen Ende des ältesten Rhizomteiles, von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen einige (2—4) unverzweigte, weisse Wurzeln I. Ordn. aus, die schief oder

Fig. 42. *Carex loliacea*. Probefl. 73. 14. VIII. 1928.
II ein Teil einer verzweigter Wurzel.

gerade abwärts in den Torf dringen; deren Länge wechselt von 4.5 bis 23.5 cm; maximale Tiefe 20 cm. Auch von dem oberen Teil der jüngeren Rhizomzweige gehen ähnliche unverzweigte Wurzeln I. Ordn. aus, deren Länge 1—14.5 cm beträgt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.30 mm, Zentralzylinder im Durchmesser 0.10—0.12 mm. An jungen Wurzeln I. Ordn. sind einige kurze Wurzelhaare vorhanden; die unbehaarte Spitze der Wurzeln ugf. 1 cm lang. Die älteren Wurzeln I. Ordn. sind wenig verzweigt, Dicke dieser Wurzeln 0.28 0.30 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08 0.14 mm; Wurzeln III. Ordn. sind nur einige vorhanden, Dicke 0.08 mm.

P r o b e f l. 7 3 (Multbeerbruch, S. 46). 14. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die Halme lose Rasen bildend. Länge der Internodien 2—3 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.28—0.45 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12, 3 Gefässe (20 μ), ausserhalb derselben 8 kleine Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.18 mm. Die Wurzeln I. Ordn. besitzen wenig Wurzelhaare, deren Länge 0.06—0.25 mm beträgt. Auch an den Wurzeln II. Ordn. sind wenig Wurzelhaare vorhanden, Länge 0.12 mm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 16—17 cm, sie gehen nur bis zum oberen Torfe; Dicke 5—15 cm. (Fig. 42)

P r o b e f l. 6 8 (Heidelbeerbruch, S. 45). 11. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die Rhizome auf dieselbe Weise aufwärts steigend wie auf den vorigen Probeflächen. Es gibt sowohl unverzweigte, junge Wurzeln I. Ordn. als auch dünn verzweigte Wurzeln I. Ordn. Die Rhizome gehen bis in den oberen Torf; Tiefe ugf. 10 cm.

Carex heleonastes Ehrh.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Hallier (1881, Bd. 6, S. 23) ist das Rhizom kurz, ziemlich kräftig, ungegliedert, ohne Ausläufer.

P r o b e f l. 6 0 (*Amblystegium*-Braunmoor, S. 43). 11. VII. 1927 u. 15. VII. 1928 (4 Indiv. zus.).

Das R h i z o m mit kurzen Gliedern versehen und dick, beinahe wagerecht, am Rande des lebendigen Mooses und des Torfes. Davon steigen dicht nebeneinander steife oberirdische Sprosse auf. W u r z e l n: Von dem Rhizom gehen dreierlei Wurzeln aus, die zunächst in wagerechter Richtung oder etwas abwärts in den Torf wachsen. Ganz an der Grenze des Torfes und des Mooses sind dünne und reichlich verzweigte Wurzeln vorhanden; dazu findet man dickere und längere, beinahe unverzweigte junge Wurzeln I. Ordn. und ältere ebenso dicke Wurzeln I. Ordn., die reichlich verzweigt sind. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. 0.40—0.48 mm dick, 10—14 cm lang. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. An den jungen Wurzeln I. Ordn., an den Wurzeln II. und III. Ordn. gibt es ziemlich reichlich Wurzelhaare, deren Länge an den Wurzeln II. Ordn. 0.8—1.2 mm, an den Wurzeln III. Ordn. 0.37—0.62 mm beträgt. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm unter der Oberfläche. (Fig. 43)

P r o b e f l. 5 3 (Braunmoor, S. 41). 18. VI. 1928 (3 Indiv.)

Das Rhizom und der Wuchs beinahe wie oben. Die jungen Wurzeln I. Ordn. weiss, 0.32 mm dick, mit verhältnismässig zahlreichen Wurzelhaaren von 0.20—0.60 mm Länge. Die ältesten Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.56 mm dick, der Zentralzylinder in denselben 0.10 mm. In der Innenrinde 6 Zellschichten und tangentiale Interzellularräume. Länge der Wurzeln I. Ordn. 11—13 cm, sie wachsen meistens wagerecht auswärts in den oberen Teil des Torfes; Tiefe 5—10 cm.

Fig. 43. *Carex heleonastes*. Probefl. 60. 11. VII. 1927.

P r o b e f l. 4 9 (*Carex heleonastes*-Braunmoor, S. 40). 22. VI. u. 3. VII. 1928, 20. VI. 1929 (zus. 7 Indiv.).

Der untere Teil des R h i z o m s ugf. 4—5 cm tief im Torfe, steigt aufwärts und verzweigt sich in zwei Teile, deren Länge 2—2.5 cm beträgt. Die W u r z e l n wachsen gerade aufwärts, wagerecht seitwärts und schräg abwärts. Die von dem oberen Teil des alten Rhizomteiles ausgehenden Wurzeln sind schwarz, tot, deren Dicke 0.48—0.50 mm. Die jüngeren verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.52—0.56 mm dick, Zentralzylinder 0.14 mm im Durchmesser, 2—3 Gefässe (12 μ), ausserhalb davon 9 kleine Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen verhältnismässig gross, unten eine Schutzscheide aus 3—4 Zellschichten ohne Interzellularen. In der Innenrinde 8 Zellschichten, die Interzellularräume sind anfangs klein, später sind in

der Innenrinde tangentiale Interzellularräume zu finden. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 12—23 cm lang. Länge der Wurzeln II. Ordn. 5—10 cm, Dicke 0.12 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Zu oberst sind in das Moos gehende und reichlich verzweigte Wurzeln. Die jüngsten Wurzeln I. Ordn. unverzweigt. An den jungen Wurzeln I. Ordn., an denen der II. und III. Ordn. sind farblose Wurzelhaare verhältnismässig reichlich vorhanden, deren Länge 0.80—0.93 mm beträgt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %. Grösste Tiefe der Wurzeln 10—15 cm, die meisten 5—10 cm.

Probefl. 51 (Braunmoor, S. 41). 29. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom kurzgliedrig, verzweigt und beinahe wagerecht in dem oberen Teile des Torfes. Die Wurzeln gehen beinahe wagerecht auswärts, die längsten Wurzeln I. Ordn. 16—18 cm lang. In den älteren Wurzeln I. Ordn. sind die Epidermiszellen sehr dünnwandig, oft verschwunden. Die Exodermiszellen gross, unten eine braune Scheide von 4 Zellschichten ohne Interzellularen. Der Zentralzylinder 0.10 mm, 4 Gefässe (16—18 μ). An den jungen Wurzeln I. Ordn. und an den Wurzeln II. Ordn. ziemlich reichlich Wurzelhaare, 25—30 St. pro 1 mm; deren Länge 0.74—0.80 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—3 cm. Die meisten Wurzeln 5—10 cm tief.

Zusammenfassung: Das Rhizom kurzgliedrig, beinahe wagerecht im oberen Teile des Torfes, verzweigt sich bisweilen in 2 kurze Zweige; lange Ausläufer sind nicht vorhanden. Die Wurzeln I. Ordn. sind trimorph: 1) zu oberst feine reichlich verzweigte Wurzeln nahe der Oberfläche, 2) junge, beinahe unverzweigte Wurzeln und 3) ältere, reichlich verzweigte Wurzeln. Die Wurzeln wachsen nach verschiedenen Richtungen, meistens wagerecht seitwärts. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 10—23 cm lang. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.32—0.56 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 5—10 cm, Dicke 0.12—0.16 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. In einer 0.50—0.56 mm dicken Wurzel I. Ordn. der Zentralzylinder 0.10—0.14 mm im Durchmesser, 2—4 Gefässe (12—16 μ), ausserhalb derselben 9 kleine Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen verhältnismässig gross, dünnwandig; unten eine Schutzscheide von 3—4 Zellschichten, ohne Interzellularen. In der Innenrinde 6—8 Zellschichten, die Interzellularräume anfangs klein; später tangentiale Interzellularräume. Die jungen Wurzeln I. Ordn., die Wurzeln II. und III. Ordn. besitzen

Wurzelhaare, ziemlich reichlich, 25—30 St. pro 1 mm. Länge der Wurzelhaare 0.20—1.20 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %.

Carex chordorrhiza Ehrh.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 477) ist der Wurzelstock verzweigt, oft 2 Fuss lang, aufsteigend. Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 4, S. 170) bildet das ziemlich ästige, kräftige Rhizom lange weithin kriechende, langgegliederte Rhizome, welche nach oben reihenweise sterile und fertile Stengel treiben. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 461—462) »udgaa Rødderne kun fra Ombøiningstedet». Nach Kotilainen (1927, S. 72) ist *Carex chordorrhiza* ihrem Bau nach biotisch ebenso kräftig wie *Carex filiformis*. »Die langen, mit ihren Enden herauf kriechenden Rhizome sichern der Art eine Kontinuität auf der Wuchsfläche auch bei wechselnder Zusammensetzung der übrigen Pflanzendecke.»

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 18. VI. u. 5. VII. 1927 (zus. 3 Indiv.).

Das lange Rhizom im *Sphagnum* ganz nahe der Oberfläche Ausläufer bildend; Länge über 50 cm; Länge der Internodien 3.5—14 cm. Dicke des Rhizoms 1.2—1.4 mm. Die Wurzeln gehen büschelweise von dem Rhizom an den Stellen aus, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Am reichlichsten sind Wurzeln da vorhanden, wo die blühenden Sprosse aufsteigen. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.2—0.3 mm, Länge 6—9 cm, Tiefe 5—10 cm. Die Wurzeln sind reichlich verzweigt in Wurzeln II. und III. Ordn. Die von dem Rhizom aufsteigenden, von der Basis der sterilen Sprosse ausgehenden jungen Wurzeln sind unverzweigt; an diesen Wurzeln sind Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.8—0.9 mm beträgt.

Probefl. 105 (Reisermoor, S. 52). 14. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom im oberen Teile des Torfes kriechend, 2—3 cm tief; Länge 40, 50, 94 cm, Dicke 1.3 mm; Länge der Internodien 3—8 cm. An den ältesten Rhizomteilen sind die Wurzeln und oberirdischen Sprosse meistens verwelkt. Wurzeln gehen von dem Rhizom da aus, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 0.68—0.74 mm dick, der Zentralzylinder 0.18 mm, 6 grosse Gefässe (20—22 μ). Inden älteren Wurzeln ist die Innenrinde gänzlich verschwun-

den. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm; es gibt auch einige 0.4—0.5 mm dicke Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.12—0.28 mm. Bei den älteren Wurzeln I. Ordn. ist die Epidermis oft verschwunden, an einigen sind jedoch Wurzelhaare noch ziemlich reichlich vorhanden, deren Länge 0.50—0.58 mm beträgt. An den Wurzeln II. Ordn. sind wenige Wurzelhaare, Länge 0.32 mm. Die Rhizomzweige an den sterilen Sprossen sind gewöhnlich unverzweigt und weiss. Von diesen Stellen gehen gewöhnlich nur wenige (1—5) Wurzeln aus. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 16—18 cm lang, Tiefe 10—15 cm. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 9—10 cm lang. Länge der Wurzeln III. Ordn. 2—3 cm. Viele Wurzeln sind abgebrochen.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 21. VII. 1928 u. 29. VII. 1929 (zus. 3 Indiv.).

Das lange Rhizom in dem Basalteil des lebendigen *Sphagnum* kriechend, Länge 60—78 cm. Das Wurzelsystem wie auf den vorigen Probeflächen. Die dicksten Wurzeln sind unverzweigt, Dicke 0.4—0.5 mm, Länge 9—15.5 cm, Tiefe 10—15 cm. Der Zentralzylinder in diesen Wurzeln 0.10—0.16 mm, 5 Gefässe (15—20 μ), in der Innenrinde sind kleine regelmässige Interzellularräume. Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.36 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08—0.10 mm. An den verzweigten Wurzeln sind Wurzelhaare, von denen die längsten 0.8 mm lang sind.

P r o b e f l. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 22. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m wagerecht, 12—15 cm tief im Torfe; davon steigt ein Rhizomzweig gerade aufwärts. Dicke des Rhizoms 1.4 mm in der Mitte eine grosse Höhle, deren Durchmesser 0.6 mm. In der Rinde sind 9—10 grosse Lufthöhlen. Leitbündel kollateral, in denselben sind 2 Gefässe. Länge des Rhizoms bei dem einen Individuum 35 cm. W u r z e l n gehen da von der Verzweigungsstelle des Rhizoms aus, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Einige Wurzeln sind unverzweigt, andere, dünnere sind ziemlich reichlich verzweigt. Die jungen weissen Wurzeln I. Ordn. 0.56 mm dick, der Zentralzylinder 0.10—0.12 mm, 5—6 Gefässe (ugf. 20 μ). Die Epidermis- und Exodermiszellen beinahe rund, dünnwandig. In der Innenrinde sind kleine 4-eckige Interzellularräume. Weisse Wurzelhaare sind vorhanden, deren Länge 0.40—0.43 mm. In den älteren Wurzeln I. Ordn. ist unter der Exodermis eine gelbe Schutzscheide aus 3 Zellschichten. In der Innenrinde anfangs tangentiale Interzellularräume in

10 radiären Reihen; die Innenrinde verschwindet an den älteren Wurzeln. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.10 mm. Länge der jungen Wurzeln I. Ordn. 9—13 cm, die längsten älteren Wurzeln 11—12 cm. Tiefe der Wurzeln höchstens 25 cm, gewöhnlich ist die Tiefe 10—20 cm.

P r o b e f l. 7 8 (Grossseggen-Weissmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m an der Grenze des Mooses und Torfes kriechend. W u r z e l n treten da auf, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Die am reichlichsten verzweigten Wurzeln finden sich an den Stellen, wo die blühenden Sprosse aufwärts gehen. Die an den sterilen Sprossen von dem Rhizom ausgehenden Wurzeln sind gewöhnlich unverzweigt, weiss; die älteren Wurzeln sind gelblichbraun. Die weissen Wurzeln I. Ordn. 0.62 mm dick, der Zentralzylinder in denselben ist 0.13 mm, 6 Gefässe. In der Innenrinde sind ugf. 14 Schichten runder regelmässiger Zellen, die Interzellularräume 3- oder 4-eckig. An diesen Wurzeln sind Wurzelhaare vorhanden, aber spärlich. Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.43—0.62 mm, Zentralzylinder 0.16 mm im Durchmesser, 6 Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen sind dünnwandig, in der Aussenrinde ist noch eine gelblichbraune Schutzscheide aus 3—4 Zellschichten, ohne Interzellularräume. Die Innenrinde zuletzt gänzlich verschwunden. Die Endodermis ist dickwandig. Die Länge der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 8—11 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. ist gewöhnlich 1—2.5 cm, ihre Dicke 0.08—0.09 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.06 mm. An den verzweigten älteren Wurzeln sind keine Wurzelhaare vorhanden. Die Tiefe der Wurzeln ist gewöhnlich 5—10 cm, einige gehen 15 cm tief.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m im *Spagnum* in der Richtung der Oberfläche kriechend, dessen Länge 40—94 cm, Dicke 1.2—1.4 mm, Länge der Internodien 3—8 cm. In der Mitte eine grosse Höhle, deren Durchmesser 0.64 mm, in der Rinde 9—10 grosse Lufthöhlen. Leitbündel kollateral. Die W u r z e l n gehen büschelweise da aus, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Am meisten und am reichlichsten verzweigte gelblichbraune Wurzeln sind da vorhanden, wo die blühenden Sprosse aufsteigen. Die von der Basis der sterilen jungen Sprosse ausgehenden Wurzeln weiss, unverzweigt. Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.2—0.4 mm,

ihre Länge 8.15.5 cm. Dicke der unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.50—0.74 mm, ihre Länge 6—18 cm. Tiefe der Wurzeln gewöhnlich 5—15 cm, auf der Probefl. 1 (Seggenreisermoor) die maximale Tiefe 20—25 cm. Der Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.10—0.18 mm im Durchmesser, darin 5—6 Gefässe (15—22 μ). Die Epidermis- und Exodermiszellen beinahe rund, dünnwandig. In den älteren Wurzeln befindet sich unter der Exodermis eine gelblichbraune Schutzscheide aus 3—4 Zellschichten, ohne Interzellularen. Endodermis dickwandig. In der Innenrinde kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume, in den älteren Wurzeln tangentiale Interzellularräume in 10 radiären Reihen; die Innenrinde verschwindet zuletzt gänzlich. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. wechselt von 1—10 cm, die Dicke gewöhnlich von 0.08—0.16 mm (einige 0.4—0.5 mm). Länge der Wurzeln III. Ordn. 2—3 cm, Dicke gewöhnlich 0.06—0.12 (einige 0.28 mm). Weisse Wurzelhaare verhältnismässig spärlich vorhanden, es gibt solche an den jungen Wurzeln I. Ordn., an den Wurzeln II. und III. Ordn. An den älteren Wurzeln I. Ordn. sind die Wurzelhaare meistens verschwunden. Länge der Haare an den Wurzeln I. Ordn. 0.5—0.9 mm, an denen II. Ordn. 0.32 mm.

Carex teretiuscula Good.

Literaturangaben: Nach Hallier (1881, Bd. IV, S. 198) ist das Rhizom schräg im Boden liegend, rasig, sehr kurze Ausläufer treibend. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 458) »Paa fastere Bund voxer den i faastaenglede Tuer, i det Skuddenes rhizomdannende Grunddel forbliver ganske kort. Paa los sumpet bund bliver Skuddenes Rhizomdel derimod mere eller mindre forlaenget, undertiden indtil 3 Ctm lang, og opstigende.»

Probefl. 53 (Braunmoor, S. II). 19. VI. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom kräftig und verzweigt; dessen ältester Teil ca. 5—10 cm tief im Torfe. Im Moose und in dem oberen Teile des Torfes sind reichlich verzweigte Wurzeln vorhanden. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—15 cm, Tiefe 15—20 cm, Dicke 0.52—0.74 mm, Zentralzylinder 0.18—0.20 mm im Durchmesser, 6—7 grosse Gefässe (30 μ), ausserhalb davon 12 kleine Gefässe, 12 Leptome. Die Epidermiszellen klein, Exodermis mit 2 Zellschichten, unten eine

dickwandige Schutzscheide von 4—5 Zellschichten. In der Innenrinde grosse, unregelmässige Interzellularräume. Endodermis braun, ihre Innenwand verdickt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.24 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.06—0.10 mm, der IV. Ordn. 0.06—0.08 mm. An den älteren Wurzeln I. Ordn. und an deren Seitenwurzeln sind keine Wurzelhaare vorhanden.

P r o b e f l. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 22. VI. u. 22. VII. 1929 (zus. 5 Indiv.).

Das R h i z o m klein, verzweigt sich an der Basis des Mooses, ist 10—12 cm lang und steigt oft schief aufwärts. Die alten Blattscheiden schwarz. Bei einem alten Individuum der von dem im Torfe liegenden alten Rhizom gerade aufsteigende Rhizomteil 3 cm lang. W u r z e l n sitzen am reichlichsten an den Gliedern des Rhizoms. Die meistens Oberflächenwurzeln sind reichlich verzweigt, wagerecht in das Moos und in den Torf gehend, einige aufwärts in das Moos steigend. Kräftige Wurzeln gehen abwärts in den Torf. Tiefe der Oberflächenwurzeln 0—10 cm, andere Wurzeln 10—20 cm tief. Die längsten Wurzeln an der Oberfläche 13—15 cm lang. Die jungen Wurzeln I. Ordn. weiss, fast unverzweigt, deren Dicke 0.56—0.74 mm. Der Zentralzylinder in einer 0.56 mm dicken jungen Wurzel 0.12 mm, 4—5 Gefässe (20—22 μ); in einer 0.74 mm dicken Wurzel der Zentralzylinder 0.16 mm im Durchmesser, 7 Gefässe (20—40 μ), 12 Leptome. Die Epidermiszellen sehr klein, die Exodermiszellen grösser, dünnwandig, darunter in der Aussenrinde 3—4 Zellschichten, deren Zellen kleiner und dickwandig. In den jungen Wurzeln I. Ordn. sind kleine runde Innenrindenzellen und zwischen diesen kleine 4-eckige Interzellularräume. In den älteren Wurzeln I. Ordn. sind die Innenrindenzellen teilweise verschwunden, so dass grosse Interzellularen entstehen. An den jüngeren Wurzeln I. Ordn. und an den Seitenwurzeln sind weisse Wurzelhaare vorhanden, deren Länge 0.5—1.0 mm beträgt. An den älteren Wurzeln I. Ordn. und an deren Seitenwurzeln sind keine Wurzelhaare vorhanden. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 3 cm lang, ihre Dicke 0.15 mm. Die Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm dick.

Carex microstachya Ehrh.

Probefl. 45 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 14. VII., 23. VII. 27. VIII. 1928 (10 Indiv.), 20. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom bei einigen Individuen mit längeren Gliedern und Ausläufern versehen, andere Individuen ziemlich dichte Rasen bildend. Die Rhizomzweige bei einigen wagerecht, bei anderen aufwärts gehend. Bei einem Individuum die Länge des wagerechten Ausläufers 3 cm, bei einem anderen 4 cm. Die Länge der Internodien des aufwärts wachsenden Rhizoms 1—2 cm. Die ältesten Rhizomteile 2—5 cm tief im Torfe; die aufwärts steigenden Teile befinden sich in dem lebendigen Moose. Dicke des Rhizoms 0.88—1.0 mm. In der Rinde grosse Lufthöhlen, das Zellengewebe grösstenteils verschwunden. Die Schutzscheiden mitten im Rhizom. Wurzeln gehen sowohl von den älteren Rhizomteilen als auch von deren Verzweigungsstellen aus. Von der Basis der oberirdischen Sprosse des Rhizoms gehen feine und dicht verzweigte Wurzeln aus, die beinahe wagerecht am Moos- und Torfrande wachsen. (Fig. 42). Dicke dieser Wurzeln 0.16 mm, deren Seitenwurzeln, die Wurzeln II. Ordn. 0.08 mm dick, die Wurzeln III. Ordn. 0.06 mm. An diesen Wurzeln gibt es reichlich Wurzelhaare von 0.30—0.68 mm Länge. Die dickeren Wurzeln I. Ordn. sind 0.60—0.68 mm dick, deren Länge 8—14 cm; sie wachsen teils wagerecht, teils schräg abwärts in den Torf. Tiefe dieser Wurzeln im allgemeinen 5—10 cm, einige gehen 15 cm tief. Dehnbarkeit dieser Wurzeln 15—20 %. Die jungen Wurzeln sind zuerst unverzweigt. Die älteren Wurzeln sind verhältnismässig dicht verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—2 cm, Dicke gewöhnlich 0.08—0.12 mm, die dicksten 0.18 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.06 mm. Durchmesser des Zentralzylinders in einer 0.68 mm dicken jungen Wurzel I. Ordn. 0.14 mm, 5—6 Gefässe (20—25 μ), ausserhalb dieser 14 kleine Gefässe. Epidermis und Exodermis dünnwandig, unten eine Schutzscheide aus 2—3 Zellschichten von kleinen Zellen. In der Innenrinde 11—12 Zellschichten. In der Innenrinde der jungen Wurzeln I. Ordn. kleine 4-eckige Interzellularräume, in den älteren Wurzeln tangentiale Interzellularräume in 12 radiären Reihen, zuletzt die Innenrinde ganz und gar verschwunden.

Probefl. 36 (Moorwiese, S. 38). 31. VII. 1928 (4 Indiv.).

Das Rhizom kriecht ausläuferbildend in dem oberen Teile

des Torfes und im Moose. Die ältesten Teile des Rhizoms liegen 7—8 cm tief im oberen Torfe. Die von dem ältesten Rhizomteil ausgehenden oberirdischen Sprosse verwelkt. Die aufwärts und seitwärts kriechenden Rhizomteile 1.5—4 cm lang. An dem Rhizom gehen W u r z e l n aus sowohl von dessen älteren als auch von jüngeren

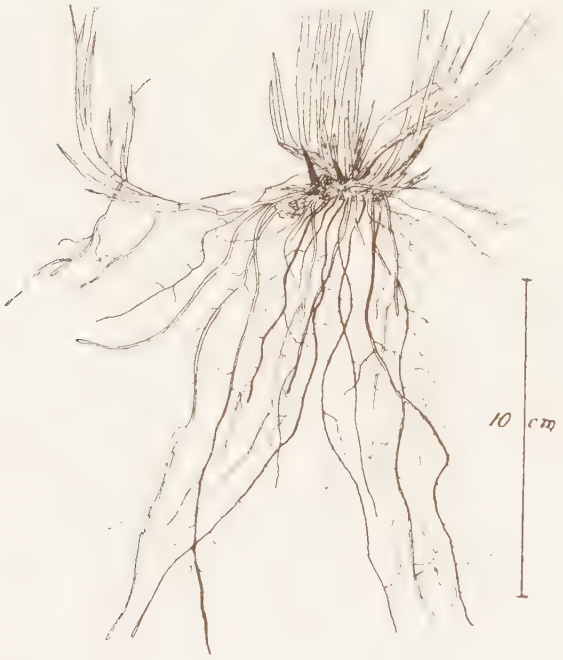


Fig. 44. *Carex microstachya*. Probefl. 45. 23. VII. 1928.

Teilen an der Basis der oberirdischen Sprosse; deren Länge 10 –18 cm, Tiefe 10—15 cm. Diese jungen Wurzeln I. Ordn. sind wenig verzweigt, sie wachsen beinahe gerade abwärts, und die meisten gehen bis an den Lehm unter dem Torfe. Dicke dieser Wurzeln 0.18 mm; sie besitzen lange Wurzelhaare, deren Länge 0.8—1.6 mm beträgt. Unten von den älteren Rhizomteilen ausgehende ältere Wurzeln I. Ordn. sind 0.44 mm dick und reichlich verzweigt. Zentralzylinder in denselben 0.10 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.14 mm, der III. Ordn. 0.08 mm. In den älteren Wurzeln ist die Epidermis mit den Haaren oft verschwunden, auch an deren

Seitenwurzeln (II. und III. Ordn.) sind Wurzelhaare spärlich vorhanden, deren Länge 0.4 mm beträgt. An den dünneren und reichlich verzweigten, in das Moos gehenden Wurzeln und an deren Zweigen sind Haare reichlich vorhanden.

Carex pauciflora Lgthf.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 480) die Halme mit Blattsprossen von dem aufsteigenden, verzweigten Rhizom ein wenig zerstreut. Nach Hallier (1881, Bd. 4, S. 156) bringt das kriechende ausläuferbildende Rhizom bogig aufsteigende sterile und fertile Stengel hervor. Nach Hegi (1906, S. 57) »oberirdisch kriechende Ausläufer».

Probefl. 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 30). 5. VIII. 1927 (3 Indiv.).

Das Rhizom verzweigt sich sympodial, wächst in beinahe wagerechter Stellung im Basalteil des Mooses, ca. 4—5 cm tief; Länge 6—10 cm. Bei einigen Individuen gehen von dem Rhizom einige kurze Ausläufer aus, an deren Enden sich Wurzeln und oberirdische Sprosse bilden. Von dem Rhizom und der Basis der oberirdischen Sprosse gehen Wurzeln aus. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. wechselt von 6—12 cm. Die von dem Rhizom ausgehenden älteren Wurzeln I. Ordn. sind verzweigt, aber gewöhnlich spärlich verzweigt. Länge der Wurzeln I. Ordn. 1.2—8 cm. Einige Wurzeln sind auch mit Wurzeln III. Ordn. versehen. Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.3—0.4 mm. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen auch unverzweigte Wurzeln I. Ordn. aus, deren Länge 5—8 cm beträgt. Tiefe der Wurzeln 0—10 cm. (Fig. 45).

Probefl. 70 (Multbeerbruch, Schlenke, S. 45). 8. VIII. 1927 (2 Indiv.).

Das Rhizom verzweigt sich sympodial und kriecht im Moose aufwärtssteigend; sein ältester Teil wächst im oberen Teil des Torfes; Länge 6—8 cm, Dicke ugf. 0.6 mm. Von dem Rhizom und dessen Zweigen gehen trimorphe Wurzeln aus: 1) dünne, 0.2 mm dicke, dunkle und ganz kurzästige, ugf. 4—6 cm lange Wurzeln, 2) dickere, 0.3—0.4 mm dicke, ziemlich spärlich verzweigte Wurzeln und 3) unverzweigte junge Wurzeln I. Ordn. Die unverzweigten Wurzeln gehen hauptsächlich von der Basis der oberirdischen Sprosse

aus, also zu oberst. Ihre Länge beträgt 10—15 cm, und sie wachsen ziemlich wagerecht, im Moose liegend. Tiefe der Wurzeln meistens 5—10 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind nur wenige Millimeter lang.

P r o b e f l. 5 8 (Rimpi-Braunmoor, S. 43). 11. VII. 1927 (3 Indiv.).

Der älteste Teil des R h i z o m s im oberen Torfe, von wo er schief aufwärts steigt; Länge 8—10 cm. Die von dem tiefsten Rhi-

Fig. 45. *Carex pauciflora*. Probefl. 4. 5. VIII. 1927.

zomteil ausgehenden Wurzeln sind abgebrochen, schwarz, meistens tot. Die W u r z e l n gehen von dem Rhizom in einer Entfernung von ugf. 1—2 cm voneinander aus. Am längsten sind diejenigen Wur, zeln, die von dem zu oberst befindlichen Rhizomteil, dem jüngsten- ausgehen. Die Wurzeln sind bei allen Individuen auf dieser Probei fläche kurz, kriechend und dünn verzweigt.

P r o b e f l. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 21. VII. 1928 (2 Indiv.) u. 27. VII. 1929 (Profil).

Das R h i z o m 6—11 cm lang, im Moose schief aufwärts steigend. Länge der Wurzeln I. Ordn. 3—10 cm, Tiefe 5—15 cm, Dicke 0.32—0.36 mm. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt; Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10—0.12 mm. Zentralzylinder in den

Wurzeln I. Ordn. 0.16 mm im Durchmesser. Wurzelhaare sind wenigstens an den älteren Wurzeln I. Ordn. nicht vorhanden, an den Wurzeln II. Ordn. kommen sie sehr spärlich vor, einige wenige St. pro 1 mm. Die längsten Wurzelhaare 1.12 mm lang.

P r o b e f l. 1 2 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte. S. 32). 21. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die R h i z o m e lang, verzweigt und im *Sphagnum* kriechend. Länge der Rhizome 20—27 cm, ihre Dicke 0.6 mm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 11—17 cm, Tiefe höchstens 20 cm, Dicke 0.52 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm. Wenige Wurzelhaare.

P r o b e f l. 8 4, 8 6 u. 8 7 (S. 48). 8. VII. 1929 (6 Indiv.).

Die in den mit *Sphagnum magellanicum*, *S. acutifolium* u. *S. balticum* bewachsenen Schlenken befindlichen *Carex pauciflora*-Individuen haben kurze Rhizome, die beinahe in der Richtung der Moosfläche wachsen, und ziemlich kurze Wurzeln, wogegen die Rhizome und Wurzeln der in der *Sphagnum magellanicum*-Bülte (Probefl. 8) wachsenden Individuen länger sind. Länge der Rhizome der in den Schlenken wachsenden Pflanzen 6—13 cm; Länge der Rhizome in der niedrigen *Sphagnum magellanicum*-Bülte 15—22 cm. Tiefe der Wurzeln in der Schlenke 0—10 cm, in der Bülte 15—20 cm.

P r o b e f l. 9 0 (bültenreiches Reisermoor, S. 49). 10. VII. 1929 (1 Indiv.).

Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—12 cm, Tiefe höchstens 15—20 cm, Dicke 0.5 mm, Zentralzylinder 0.12 mm, in der Mitte 1 zentrales Gefäss (20 μ). Die Epidermiszellen ziemlich gross, die Aussenwand dick, verholzt. Die Exodermiszellen klein. In der Aussenrinde noch 2 Zellschichten. In der Innenrinde in radiären Reihen tangentiale Interzellularräume, in den alten Wurzeln die Innenrinde zuletzt gänzlich verschwunden. In den jüngeren gelben Wurzeln I. Ordn. 1 oder 2 zentrale Gefässe. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm. An denselben Wurzelhaare spärlich, von 0.62 mm Länge.

P r o b e f l. 8 9 (Kolkmoor, S. 49). 8. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m im S-Torfe kriechend, ugf. 6—7 cm tief, steigt von da aufwärts in das Moos; Dicke 0.68—0.72 mm. In der Aussenrinde 3 dickwandige Schichten gelber Zellen. In der Innenrinde ziemlich grosse radiäre Lufthöhlen. Zentralzylinder 0.28 mm. Leitbündel hadrozyklisch. Dicke der W u r z e l n I. Ordn. 0.37—

0.40 mm; Zentralzylinder 0.08—0.09 mm im Durchmesser, 2 grössere und 1 kleineres Gefäss. In den jungen Wurzeln I. Ordn. die Epidermiszellen gross, dünnwandig; in den alten Wurzeln die Epidermiszellen verschwunden. In den älteren Wurzeln I. Ordn. sind tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen. In der Aussenrinde sind 2—3 Schichten dickwandiger Zellen, ohne Interzellularen. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.14 mm, sie besitzen spärlich Wurzelhaare, 1—3 St. pro 1 mm.

P r o b e f l. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 22. VI. 1929 (3 Indiv.).

Die Länge des R h i z o m s 13—17 cm, etwas aufwärts von dem Torfe in das Moos steigend. Länge der W u r z e l n 5—8 cm, einige junge Wurzeln 10—12 cm, grösste Tiefe 15—25 cm. Die älteren Wurzeln I. Ordn. 0.43 mm dick, Zentralzylinder 0.10 mm, 1 zentrales Gefäss (22 μ), ausserhalb davon 6 kleinere Gefässe (15 μ). Die Epidermiszellen ziemlich gross, rund, dünnwandig. Die Exodermiszellen klein. In der Aussenrinde 2—3 Schichten dickwandiger Zellen. Die Innenrinde zuletzt gänzlich verschwunden. An den älteren Wurzeln I. Ordn. sind keine Wurzelhaare vorhanden. Die jungen weissen Wurzeln I. Ordn. 0.37—0.40 mm dick, der Zentralzylinder in ihnen 0.08 mm, 3 Gefässe (20 μ), ausserhalb 12 kleine Gefässe, 12 Leptome. Die Epidermiszellen gross, dünnwandig. Die Exodermiszellen kleiner. In der Aussenrinde unten sind 2 Schichten ziemlich dickwandiger Zellen. In der Innenrinde runde Zellen und zwischen denselben 4-eckige Interzellularräume.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m verzweigt sich sympodial; im schnell wachsenden Moose (z. B. Probefl. 12) ist es lang und im Moose aufwärtswachsend; die Länge des Rhizoms auf der Probefl. 12 ist 20—27 cm, auf der Probefl. 87 15—22 cm. Im festeren Torfe wächst das Rhizom mit seinen Zweigen beinahe wagerecht Probefl. 4) oder nur etwas aufsteigend; seine Länge 6—13 cm. Dicke des Rhizoms 0.60—0.72 mm. In der Aussenrinde des Rhizoms 3 dickwandige Schichten gelber Zellen. In der Innenrinde ziemlich grosse radiäre Lufthöhlen. Zentralzylinder 0.28 mm im Durchmesser. Leitbündel hadrozyklisch. Die W u r z e l n gehen von dem Rhizom und der Basis der oberirdischen Sprosse aus. Die Wurzeln sind trimorph: 1) dünne, 0.2 mm dicke, dunkle und ganz kurzästige, 4—6 cm lange Wurzeln, 2) dickere, 0.30—0.43 mm dicke, spärlich verzweigte Wurzeln und 3) unverzweigte, junge Wurzeln I. Ordn. von 0.50—0.52 mm

Dicke. Die jungen Wurzeln I. Ordn., die von der Basis der jungen oberirdischen Sprosse ausgehen, sind am längsten, 5—17 cm. (Die längsten Wurzeln auf der Probefl. 12 (*Spagnum fuscum*-T; H_2B_3), die kürzesten Wurzeln auf der Probefl. 58 (A-C-T; H_2B_3). Länge der der Wurzeln II. Ordn. von 1.2 mm—8 cm wechselnd. Wurzeln III. älteren, dünn verzweigten Wurzeln I. Ordn. 6—12 cm, Länge Ordn. sehr spärlich vorhanden; Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10 —0.16 mm. Der Zentralzylinder einer 0.5 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.12 mm dick, in der Mitte 1 zentrales Gefäss (20—22 μ), ausserhalb desselben 6 kleinere Gefässe (15 μ). Die Epidermiszellen verhältnismässig gross, in den jungen Wurzeln dünnwandig, in den älteren Wurzeln die Aussenwand verdickt, verholzt. Die Exodermiszellen kleiner. In der Aussenrinde noch 2—3 Schichten dickwandiger Zellen ohne Interzellularräume. In der Innenrinde der jungen Wurzeln runde Zellen und 4-eckige Interzellularräume. In der Innenrinde der älteren Wurzeln I. Ordn. tangentiale Interzellularräume in radiären Reihen, zuletzt die ganze Innenrinde verschwunden. An den älteren Wurzeln verschwindet die Epidermis mit den Haaren; Wurzelhaare sind übrigens äusserst spärlich vorhanden, z. B. an den Wurzeln I. Ordn. 1—3 St. pro 1 mm. Länge der Haare 0.62—1.2 mm. (In einer 0.4 mm dicken Wurzel I. Ordn. der Zentralzylinder 0.08—0.10 mm im Durchmesser, in der Mitte 2 3 Gefässe, die grössten 20 μ), ausserhalb 12 kleine Gefässe, 12 Leptome.) Tiefe der Wurzeln auf den meisten Probeflächen 0—10 cm, auf der Probefl. 1 (Seggenreisermoor) 15—25 cm, auf der Probefl. 12 (*S. fuscum*-Bülte) 20 cm, auf der Probefl. 90 (bültenreiches Reisermoor) 15- 20 cm.

Carex dioeca L.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 481) ist das Rhizom mehr oder weniger kriechend und verzweigt. Nach Klinge (1879, S. 46) findet sich in den Wurzeln ein einziges Gefäss. Nach Hallier (1881, Bd. 4, S. 144) ist das Rhizom kriechend, ausläuferbildend. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 464) »Skuddene ere bueformet opstigende, og der kan dannes indtil 5; de nederste kunne have en indtil 10 Ctm. lang Udløberdel; de allerøverste ere ofte strax oprette, uden Udløberdel». Nach Hegi (1906, S. 53) »Grundachse kriechend, dünne, braune, bis über 10 cm lange Ausläufer trei-

bend». Nach Linkola (1921, S. 213) kommt diese Art vor »auf Braunmooren und quell. off. Moorflächen, in Braunmoorbrüchern, bes. in solchen, die zu den Reisermooren hinneigen, viell. auch in fruchtbarer, gew. Brüchern». Kotilainen (1927, S. 79) hat *Carex dioeca* in Nordfinnland manchmal sogar auf *Sphagnum fuscum*-Bülten, aber nicht in der festen Pflanzendecke, sondern im weichen Moosteppich, gefunden. »In den fraglichen Fällen stecken jedoch die Wurzeln der Art tiefer im minder sauren Torf.»

P r o b e f l. 3 0 (*Sphagnum papillosum-Carex pauciflora*-Weissmoor, S. 36). 22. VIII. 1927 (2 Indiv.).

Das R h i z o m ugf. 0.5 mm dick, im Moose nahe der Oberfläche kriechend; Länge der Internodien 2—5 cm. Von dem Rhizom gehen da, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen, 2—5 W u r z e l n aus, beinahe gerade abwärts in den Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. 7—18 cm, Tiefe 10—15 cm. Die von den Enden der jüngsten Ausläufer da, wo sie junge Sprosse auf die Erdoberfläche treiben, ausgehenden jungen Wurzeln I. Ordn. 1—4 cm lang, 0.4—0.5 mm dick. An den älteren Wurzeln I. Ordn. sind einfache Seitenwurzeln sehr wenig vorhanden, deren Länge 2—12 mm beträgt.

P r o b e f l. 3 1 (*Sphagnum papillosum*-Weissmoor, S. 37). 22 VIII. 1927 (2 Indiv.).

Das alte, verdorrte R h i z o m, ugf. 2—4 cm lang, wächst im *Sphagnum papillosum*-Torfe aufwärts; die davon ausgehenden W u r z e l n teilweise abgestorben, ihre Länge 4.5—11 cm. Von dem oberen Teil des Rhizoms steigt ein blühender Spross aufwärts, und das Rhizom verzweigt sich in zwei kriechende Zweige, deren Länge 2—2.5 cm ist. Am Ende des einen Zweiges wird ein oberirdischer steriler Spross gebildet, und am Ende des zweiten Zweiges steigt ein blühender Spross auf. Bei einem Individuum die Länge der kriechenden Internodien des Rhizoms 1.5—5 cm. Von der Basis der oberirdischen Sprosse gehen Wurzeln aus, deren Länge von 2.5—18 cm wechselt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.4—0.5 mm. Bei dem einen untersuchten Individuum die längste Wurzel I. Ordn. 26 cm. Tiefe der längsten Wurzeln 15—20 cm. An den Wurzeln sitzen sehr wenige Seitenwurzeln. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—2.0 cm. Bei der anderen untersuchten Pflanze die zusammengerechnete Länge der Wurzeln 87.1 cm.

Probefl. 59 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 43). 15. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom im Moose und in der Torfoberfläche kriechend, fast wagerecht, Länge 7—8 cm. Das Rhizom am einen Ende in zwei aufwärtssteigende Zweige verzweigt, an denen oberirdische Sprosse

Fig. 16. *Carex dioeca*. Probefl. 59. 15. VII. 1928.

wachsen. An den Verzweigungsstellen des Rhizoms und an der Basis der Sprosse sind Wurzeln vorhanden, von denen ein Teil in horizontaler Stellung im Moose wächst, ein anderer Teil schräg abwärts in den oberen Torf geht. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4–9 cm, Dicke 0.48 mm. Die Wurzeln sind verhältnismässig reichlich verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm, der III. Ordn. 0.12 mm. Wurzelhaare sind nicht vorhanden, wenigstens nicht an den älteren Wurzeln. Tiefe der Wurzeln 0—10 cm. (Fig. 46).

Probefl. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 7. VIII. 1928 u. 13. VIII. 1929 (6 Indiv. zus.).

Der älteste erhaltene Teil des Rhizoms 14—15 cm tief unter

der Oberfläche. Das Rhizom wächst verzweigt aufwärts und sendet Ausläufer seitwärts; Dicke 0.52—0.68 mm. Die obersten Rhizomzweige wachsen 4—5 cm tief unter der Moosoberfläche. Der Zentralzylinder des Rhizoms 0.25 mm im Durchmesser. In der Aussenrinde eine Schutzscheide aus 4 Zellschichten, von denen die zwei äussersten braune und die zwei innersten gelbe Zellen enthalten. In der Innenrinde 8 grosse Lufthöhlen. Leitbündel hadrozyklisch. Mitten im Zentralzylinder eine grosse Höhle. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 20—22 cm lang, Dicke der Wurzeln 0.50—0.58 mm, Zentralzylinder 0.11—0.13 mm, darin 4—5 Gefässe (20—22 μ). Die meisten Wurzeln wachsen im Moose, nur die längsten gehen tiefer in den Torf; grösste beobachtete Tiefe 25—30 cm. An diesen tiefer eindringenden Wurzeln sind mehr Wurzeln II. Ordn. vorhanden, besonders an den Enden. Von den obersten Rhizomteilen gehen auch einige dünne Wurzeln aus, deren Dicke 0.23 mm beträgt, in diesen Wurzeln sind stellenweise Pilzhyphen vorhanden. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. dünnwandig, die Exodermiszellen klein, die Wand ein wenig verdickt, unten eine Schutzscheide aus 3 Zellschichten. In der Innenrinde 12 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume.

Probefl. 48 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 17. VI. 1929 (1 Indiv.).

Dicke des Rhizoms 0.5 mm; in der Rinde 7—8 grosse Lufthöhlen. Die älteren Wurzeln verhältnismässig reichlich verzweigt, die jungen Wurzeln unverzweigt, weiss. Länge der Wurzeln I. Ordn. 8—11 cm, ihre Tiefe 5—10 cm. (Fig. 47, I).

Probefl. 45 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 29. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom mit den Zweigen fast wagerecht an der Grenze des Mooses und des Torfes. Tiefe der Wurzeln gewöhnlich 0—10 cm. An den Wurzeln sind dünne Wurzeln II. Ordn. verhältnismässig reichlich vorhanden. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.37—0.40 mm, Zentralzylinder 0.08—0.10 mm, 5 Gefässe (12—14 μ). Die Epidermiszellen dünnwandig, die Exodermiszellen klein. In der Aussenrinde noch eine von dickwandigen Zellen gebildete Scheide aus 2 Zellschichten. In den älteren Wurzeln ist die Innenrinde gänzlich verschwunden. Endodermis gelb, dickwandig. An den jungen Wurzeln wenige Wurzelhaare, deren Länge 0.25—0.31 mm beträgt.

P r o b e f l. 6 4 (Braunmoor-Reisermoor, S. 44). 16. VII. 1929 (3. Indiv.).

Das sympodial verzweigte R h i z o m, dessen Internodien 1—6 cm lang sind, steigt von dem Torfe aufwärts in das Moos. Der längste kriechende Rhizomzweig 12 cm lang. Dicke des Rhizoms 0.5 mm; Zentralzylinder 0.19—0.20 mm im Durchmesser. In der Aussenrinde 4 Schichten dickwandiger Zellen. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen; zuletzt verschwindet die Innenrinde gänzlich. Leitbündel hadrozyklisch. Länge der Wurzeln I. Ordn. 14—18 cm, sie sind an den Enden oft abgebrochen, und an ihrer Stelle ist eine dicke Wurzel II. Ordn. entstanden; auch diese ist oft abgebrochen, wonach an deren Ende eine ebenso dicke Wurzel III. Ordn. gewachsen ist. Es kam auch vor, dass eine abgebrochene Wurzel III. Ordn. noch eine Fortsetzung in Form einer Wurzel IV. Ordn. hatte. Die ganze Länge einer solchen Wurzel war 25.5 cm. Die Tiefe der am tiefsten liegenden Wurzeln 15—25 cm. Die Wurzeln sind übrigens spärlich verzweigt, doch sind auch einige Wurzeln III. Ordn. vorhanden, deren Länge 1—3 mm beträgt. Die längsten beobachteten Wurzeln II. Ordn. 7—8 cm lang. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.37 mm, der Zentralzylinder in denselben 0.10—0.11 mm im Durchmesser, 5 Gefässe (18 μ), ausserhalb davon 11—12 kleine Gefässe. Die Epidermiszellen sehr dünnwandig, schnell verschwindend; unten die gelbe dickwandige Exodermis, dann ist in der Aussenrinde eine Schutzscheide ohne Interzellularen, mit 3—4 Zellschichten. In der Innenrinde sind 12 radiäre Reihen tangentialer Interzellularräume. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %.

P r o b e f l. 1 2 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte, S. 32). 23. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m verzweigt sich im *Sphagnum* und besitzt lange Ausläufer, deren Länge z. B. 7—8 cm beträgt. Dicke des Rhizoms 0.56 mm, Zentralzylinder 0.25 mm, in der Mitte ein kleines Gefäss. Die Epidermis löst sich leicht ab, die Aussenwand unten in der Exodermis etwas verdickt. Unten dickwandige Zellen. In der Innenrinde des Rhizoms grosse Lufthöhlen, zuletzt verschwindet die Innenrinde gänzlich. Die längsten W u r z e l n I. Ordn. 25—34 cm lang, gehen gerade abwärts; Tiefe 30—40 cm unter der Moosfläche, bis in den unter dem S-Torfe befindlichen, sichtbar weniger sauren C-S-Torf gehend. (Auf den naheliegenden Probeflächen 2

und 3 ist die pH des Torfes 4.75 und 4.79; die Proben 0.10 und 0.15 0.20 m tief genommen.) An den Enden der abgebrochenen Wurzeln I. und II. Ordn. sind dicke neue Wurzeln angewachsen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—10 %. (Fig. 47, II).

Zusammenfassung: Das Rhizom verzweigt sich und kriecht ausläuferbildend an der Grenze des Mooses und des Torfes dahin. Im schnell wachsenden S-Torfe ist das Rhizom in aufwärtssteigende Zweige (Probefl. 9, 12, 31 u. 64), von denen die längsten 12 cm lang sind, und in wagerechte Ausläufer, deren Länge 7—8 cm beträgt, verzweigt. Im A-C- und *Paludella*-Torfe (Probefl. 45, 48 u. 59) sind das Rhizom und seine Internodien kürzer und liegen mit ihren Zweigen wagerecht an der Moos- und Torfgrenze. Dicke des Rhizoms 0.50—0.68 mm. Zentralzylinder 0.19—0.25 mm. Die Epidermis löst sich leicht ab. In der Aussenrinde 2 Schichten dickwandiger brauner Zellen und 2 Schichten dickwandiger gelber Zellen; in der Innenrinde 7—8 grosse Lufthöhlen, die Innenrinde verschwindet zuletzt gänzlich. Leitbündel hadrozyklisch. In der Mitte des Zentralzylinders eine kleine Höhle. Die Wurzeln gehen da von dem Rhizom aus, wo die oberirdischen Sprosse aufsteigen. Die jungen Wurzeln I. Ordn. weiss, unverzweigt; sie gehen von den jüngsten kriechenden Rhizomzweigen aus. Die Länge dieser Wurzeln 1—4 cm, ihre Dicke 0.4—0.5 mm. Länge der älteren Wurzeln I. Ordn. wechselt je nach dem Standort der Pflanzen. An einer mit dickem Torf versehenen Stelle (Probefl. 9, 12 u. 64) ist die Länge der längsten Wurzeln I. Ordn. 11—31 cm. (In einer *Sphagnum fuscum*-Bülte, Probefl. 12, sind die längsten Wurzeln I. Ordn. 25—34 cm. Im A-C-Torfe, Probefl. 48 u. 59, ist die Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—11 cm.) Auch die älteren Wurzeln sind gewöhnlich spärlich verzweigt; im A-C-Torfe sind die Wurzeln reichlicher als im S-Torfe verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. im S-Torfe 0.50—

Fig. 47. *Carex dioeca*.
I Probefl. 48. 18. VI. 1929.
II Prob. 12. 23. VIII. 1929.

0.58 mm; es sind auch einige dünnere Wurzeln I. Ordn. vorhanden, deren Dicke 0.23—0.37 mm beträgt. Im A-C-Torfe ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.37—0.48 mm. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. ist wechselnd, meistens 0.2—2.0 cm, die längsten beobachteten 7—8 cm lang. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm (Probefl. 59). Wurzeln III. Ordn. sind gewöhnlich nur wenig vorhanden, Länge 1—3 mm, Dicke 0.12 mm. In einer Braunmoor-Reisermoor-Bülte (Probefl. 64) sind viele Wurzeln I. Ordn. abgebrochen, an deren Enden sind dicke Wurzeln II. Ordn. und auch Wurzeln III. Ordn. entstanden. Die ganze Länge einer solchen Wurzel 23.5 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—20 %. In einer 0.37—0.4 mm dicken Wurzel I. Ordn. misst der Durchmesser des Zentralzylinders 0.08—0.11 mm, in einer 0.50—0.58 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.11—0.13 mm. Im Zentralzylinder 4—5 Gefässe (12—22 μ), ausserhalb derselben 11—12 kleine Gefässe. Die Epidermiszellen dünnwandig, schnell verschwindend. Die Exodermiszellen klein, in älteren Wurzeln dickwandig. In der Aussenrinde eine Schutzscheide aus 2—3, bisweilen 4 Zellschichten ohne Interzellularen. In der Innenrinde tangentiale Interzellularräume in 12 radiären Reihen, zuletzt verschwinden die Innenrindenzellen gänzlich. Endodermis gelb, dickwandig. Wurzelhaare habe ich nur auf der Probefläche 45 gefunden, nämlich an den jungen Wurzeln I. Ordn., auch da sehr spärlich; Länge der Haare 0.25—0.31 mm. Pilzhyphen habe ich nur auf der Probefläche 9 an einigen dünnsten Wurzeln I. Ordn. gefunden. Tiefe der Wurzeln im A-C-Torfe (Probefl. 48 u. 59) 0—10 cm, im S-Torfe (Probefl. 12) 30—40 cm und (Probefl. 9) 25—30 cm, (Probefl. 64, Eq-S-C-Torf) 15—25 cm. Im A-C-Torfe ist das Wurzelsystem im allgemeinen wagerecht, im S-Torfe wachsen die Wurzeln (Probefl. 9, 12, 30, 31, gerade abwärts oder schräg abwärts in den Torf. (Vgl. Kotilainen, 1927, S. 79.)

Calla palustris L.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 428) ist der Wurzelstock lang, dick und fleischig. Nach Lierau (1888, S. 23) umgeben zwei gelblich gefärbte Schichten als doppelte Epidermis eine Rinde von folgender Zellanordnung: Den zentralen Zylinder umziehen zwei sehr regelmässig angeordnete Zellreihen, aus rechtecki-

gen Zellen bestehend. Von diesen gehen in gewissen Abständen Zellstrahlen aus, welche weite Luftkammern zwischen sich lassen; diese Strahlen verknüpfen die innere Rinde mit einer 2—3-schichtigen äusseren Parenchymlage. Nach Höveler (1892, S. 308) ist *Calla palustris* weder mit Wurzelhaaren noch mit Pilzen versehen. Die Wurzeln sind über 40 cm lang. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 292) »Rødderne sidde i Tvaerraekke umiddelbart ovenfor Bladfaestene og bøie ved Knopperne ovenom disse». Nach Brundin (1898, S. 67—69) ist das Rhizom sympodial, horizontal, langgegliedert, lebhaft grün. Beiwurzeln werden schon während des ersten Sommers gebildet, sie sterben im Herbst weg. Die Wurzeln entstehen am unteren Teil der Internodien dicht über den Blattfesten. Die Wurzeln, die während der Blütezeit fungieren, sind schon im vorigen Herbst angelegt und sehen wie ein 2 bis 3 mm dicker Gürtel von kleinen punktförmigen Erhöhungen aus. Das Rhizom ist wenig widerstandsfähig; beim Blühen sind von der früheren Generation gewöhnlich nur die vordersten, kurzen Glieder übriggeblieben. Nach Stahl (1900, S. 583) wurde die Mykorrhizenbildung bei *Calla palustris* vermisst. Nach Kirchner (1908, Bd. 1, Abt. 3, S. 25) ist die Rinde der Wurzeln von *Calla palustris* von mehr oder weniger grossen Lufträumen durchzogen. Zwei gelblich gefärbte Schichten umgeben als doppelte Epidermis die Rinde. Unter der Epidermis ist ein 2—3-zellschichtiges Parenchymgewebe.

P r o b e f l. 3 2 (Überwachsungsmoor, S. 37). 25. VII. 1927 (3 Indiv.).

Das R h i z o m 5—7 mm dick, saftig, im wässrigen *Sphagnum* wagerecht wachsend, wobei die wachsende Spitze aufwärts steigt. Der lebendige Teil des Rhizoms beinahe 20 cm lang, der tote hintere Teil 10—15 cm lang. Die W u r z e l n gehen büschelweise von dem Rhizom aus, alle biegen sich abwärts, und die längsten dringen in den lehmigen Torf ein. Die kürzeste junge Wurzel 3 cm lang, die längste 49 cm. Länge der Wurzeln im allgemeinen 35—40 cm, Dicke 0.7—1.0 mm, Tiefe 30—40 cm. Die jüngsten Wurzeln I. Ordn. sind ganz unverzweigt, an einigen alten Wurzeln sind einfache Seitenwurzeln vorhanden, deren Länge im allgemeinen 2—3.5 cm ist, die längsten Wurzeln II. Ordn. sind 7 cm lang. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.18—0.20 mm. Die jüngsten Wurzeln I. Ordn. sind am

dicksten, ihre Dicke beträgt 0.9—1.0 mm. Weder Mykorrhiza noch Wurzelhaare vorhanden.

P r o b e f l. 2 2 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 12. VIII. 1927., 27. VII. 1928 (5 Indiv. zus.).

Die ganze Länge des R h i z o m s bei dem mit dem längsten Rhizom versehenen Individuum 78 cm, wovon der lebende Teil 43 cm und der tote Teil 35 cm. Von dem gesunden grünen Rhizom steigen 8 fertige und 1 unentwickeltes Blatt und 1 Kolben mit dem Hüllblatt auf. Die W u r z e l n gehen in Reihen büschelweise oberhalb der Blattfesten aus. Bei einer untersuchten Pflanze 14 Büschel von Wurzeln. Die längsten Wurzeln 65—70 cm lang, dringen durch das Wasser bis in den Bodenschlamm ein; Tiefe 60—70 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.0 mm, daran sehr wenige Wurzeln II. Ordn., deren Länge 6—6.5 cm und deren Dicke 0.21—0.24 mm beträgt. Weder Wurzelhaare noch Pilzhyphen sind vorhanden. Die Wurzeln sind schwach, einjährig. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. kaum 5 %.

P r o b e f l. 1 0 5 (Reisermoor, S. 52). 4. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die Länge des lebenden Rhizomteils bei dem einen untersuchten Individuum 14, bei dem anderen 20 cm. Bei dem einen nur 1 Büschel von Wurzeln, bei dem anderen 3 Büschel. Länge der Wurzeln I. Ordn. 20—25 cm, Dicke 0.68—0.92 mm, Zentralzylinder 0.12—0.13 mm, 5 radiäre Reihen von Gefässen; Durchmesser der Gefässe 20—25 μ. Die Epidermis- und Exodermiszellen dünnwandig. In der Innenrinde grosse und kleine Interzellularräume von verschiedener Grösse in radiären Reihen. (Fig. 49). Wurzelhaare fehlen. Der im Wasser befindliche Wurzelteil grün, der im Bodenschlamm sitzende Teil weiss.

P r o b e f l. 1 9 (*Calla*-Bruchmoor, S. 34). 18. VIII. 1928, 7. VIII. 1929 (3 u. 3 Indiv.).

Die Pflanzen ungewöhnlich gross und üppig. Die ganze Länge des Rhizoms 65—71 cm. Die Länge des mit Wurzeln versehenen Rhizomteils bei den längsten 44—46 cm; Länge des grünen wurzellosen Teils 26—46 cm. Dicke des Rhizoms 1.4—1.5 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. ziemlich schwankend, 15—50 cm, Dicke 0.72—0.84 mm. Die längsten Wurzeln dringen 40—50 cm tief, bis an den Lehmrand. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.3 mm, 6 radiäre Reihen von Gefässen, deren Durchmesser 20—25 μ. Ein Teil der Wurzeln wächst beinahe wagerecht auswärts in den Torf. (Fig. 48).

P r o b e f l. 3 5 (Überwachsungsmoor, S. 37). 26. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Der älteste R h i z o m t e i l in wagerechter Stellung im Torfe, 20—25 cm tief unter der Moosoberfläche. Der Blätter treibende Vor-

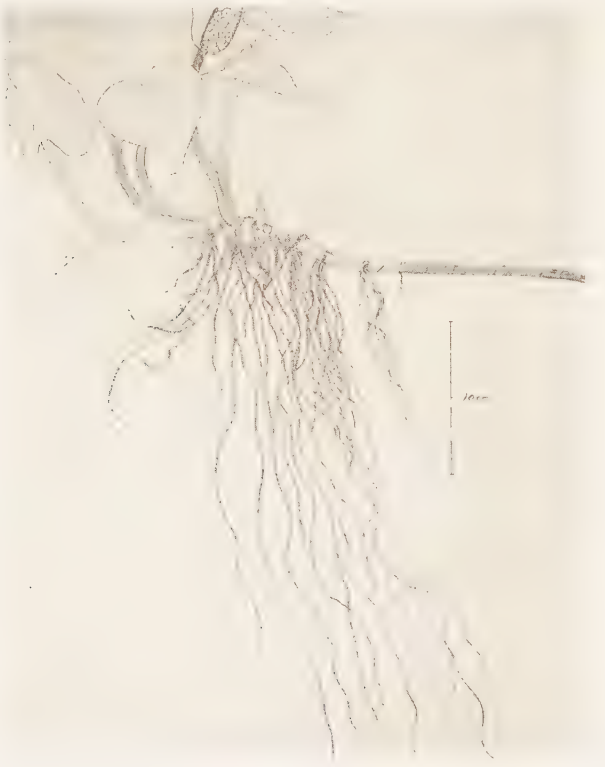


Fig. 48. *Calla palustris*. Probl. 19. 18. VIII. 1928.

derteil des Rhizoms steigt beinahe senkrecht aufwärts in das *Sphagnum* und läuft dann wieder wagerecht. Bei vielen Individuen der lebendige Rhizomteil nur 10 cm lang. Die W u r z e l n sind gerade, weiss, unverzweigt. Die längsten Wurzeln 35—42 cm lang, 0.99—1.0 mm dick. Zentralzylinder 0.18 mm, 6 radiäre Reihen von Gefässen. Die Epidermis- und Exodermiszellen dünnwandig, die Exodermiszellen etwas grösser als die Epidermiszellen. In der Innenrinde runde, dünnwandige Zellen, ugf. 10 Zellschichten; unregelmässige Interzellularräume von verschiedener Grösse. Die Endodermiszel-

len dünnwandig. Die Wurzeln sind schwach und zerbrechlich. Dehnbarkeit unter 10 %. (Die Blattstiele lang, bis 30 cm, damit die Blattspreite über das lange *Sphagnum* hinaussteigen kann.)

P r o b e f l. 2 6 (Sumpfmoor, S. 35). 13. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die untersuchten Pflanzen aus einem Graben mit rosthaltigem Wasser. Die Länge der Rhizome 10—15 cm. Die Wurzeln kurz, beinahe wagerecht, 5—15 cm lang; Tiefe 5—10 cm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m beinahe wagerecht im Torfe nahe der Oberfläche. Die Länge wechselt von 10—78 cm, die Länge des lebendigen Teils ist höchstens 46 cm. Dicke des Rhizoms 0.5—1.5 cm. Das Rhizom ist grün und saftig, die älteren Teile sterben schnell ab. Die W u r z e l n gehen von dem Rhizom büschelweise in queren Reihen oberhalb der Blattfesten aus (wie auch RAUNKIAER, S. 292 sagt). Die jüngsten Wurzeln I. Ordn. sind ganz unverzweigt, an einigen ältesten Wurzeln sind einfache Wurzeln II. Ordn. vorhanden. Die Wurzeln sind weiss und zerbrechlich. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.7—1.0 mm, die Länge wechselt von 5—70 cm; [auf der Probefl. 26 ist die Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—15 cm, auf der Probefl. 22 (Wassergrube) 65—70 cm]. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—7 cm, Dicke 0.18—0.24 mm. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.12—0.30 mm im Durchmesser, 5—6 radiäre Reihen von Gefässen, die Gefässe 20—25 μ im Durchmesser. Die Epidermis- und Exodermiszellen dünnwandig, die Exodermiszellen etwas grösser. In der Innenrinde ugf. 10 Schichten runder, dünnwandiger Zellen; die Interzellularräume von verschiedener Grösse, in radiärer Stellung. (Fig. 49). Es sind weder Wurzelhaare noch Mykorrhiza vorhanden, wie auch HÖVELER sagt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—10 %, oft unter 5 %.

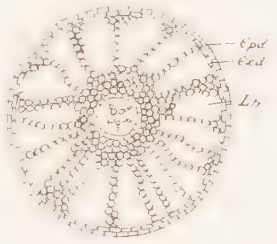


Fig. 49. *Calla palustris*. Wurzel I. Ordn.

Juncus filiformis L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach HARTMAN (1879, S. 420) ist der Wurzelstock lang kriechend. Nach HALLIER (1880, Bd. III, S. 19) kriecht das bis rabenfederkieldicke, mit dunkelbraunen Schup-

pen besetzte Rhizom horizontal und ist deutlich gegliedert. Nach Freidenfelt (1895—99, S. 383—399) ist das Rhizom 1—2 mm dick. »Da Rhizomledderne kunne blive indtil 1.5 ctm. lange, kunne Rhizomerne naa en anseenlig Laengde; i Regelen ere Rhizomledderne dog kortere, ja paa saerlig fattig Bund blive de endog saa korte, at de oprette Skud komme til at staa saa taet sammen, at de berøre hverendre. Rhizomet voxer skraet opefter, naar det ved Daekning er kommet til at ligge dybere i Jorden end saedvanlig.» In der Innenrinde grosse Luftkanäle zwischen den Zellen; Endodermis von einseitig verdickten Zellen gebildet. Die Wurzeln sind kräftig aber wenig verzweigt. Nach Stahl (1900, S. 551) keine Spur von Verpilzung der Wurzeln. Derselbe Autor (S. 584) hat bei den *Juncaceen* zuweilen Mykorrhiza gefunden. Nach Freidenfelt (1902, S. 163) sind die Wurzeln ziemlich reichlich verzweigt und dünn; sie besitzen eine energische Absorption. Nach Freidenfelt (1904, S. 28—29) sind die Wurzeln I. Ordn. 1.0 mm dick. Die Epidermis ist dimorph, darunter eine Aussenrinde aus 3—4 Zellschichten, die Zellmembranen verdickt. Innenwand der Endodermis dick. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.19 mm. Im Zentralzylinder 3—5 grosse zentrale Gefässe. In der Rinde der Wurzeln II. Ordn. 4 Zellschichten. Die Wurzelhaare sind lang, die längsten 0.5 mm lang. Nach Kirchner (1909, Bd. I, Abt. 3, S. 88) sind die Wurzelhaare der *Juncus*-Arten von »mässiger Länge».

P r o b e f l. 6 2 (braunmoorartige Torfbodenwiese, S. 43). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das R h i z o m liegt wagerecht im oberen Teile des Torfes. Einige Rhizome sind verzweigt, die Dicke beträgt 1.6—1.8 mm. Die W u r z e l n sind trimorph: 1) unverzweigte, weisse, junge Wurzeln, 2) verzweigte, 0.8 mm dicke Wurzeln und 3) verzweigte, feinere, 0.48—0.50 mm dicke Wurzeln. Die Wurzeln gehen teils abwärts, die meisten der verzweigten Wurzeln wachsen seitwärts, die feinsten, reichlich verzweigten Wurzeln gehen seitwärts in das Moos und in den oberen Torf, einige wachsen aufwärts. Die längsten weissen, unverzweigten Wurzeln I. Ordn. sind 18 cm lang. Die Wurzeln sind gerade, ohne Krümmungen. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.12 mm dick. Wurzelhaare gibt es reichlich, Länge 0.32—0.40 mm, Tiefe der Wurzeln 5—15 cm.

P r o b e f l. 7 9 (Sphagnetum, S. 47). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom liegt wagerecht im oberen Teile des Torfes; Dicke 2.0—2.16 mm, Länge 12—15 cm. Länge der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 14—16 cm, Dicke 0.52—0.60 mm. Maximale Länge der Wurzelhaare 1.0—1.2 mm. Die verzweigten, feineren Wurzeln liegen im Moose. Die längsten verzweigten Wurzeln erstrecken sich bis zu dem mit Sand gemischten Lehm; Tiefe 15—20 cm. Die Wurzeln I. Ordn. sind ziemlich gerade. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12 mm. Länge der Wurzelhaare 0.6—0.8 mm.

Probe fl. 3 5 (Überwachsungsmoor, S. 37). 26. VIII. 1928 (4 Indiv.).

Das Rhizom höchstens 11—12 cm lang (der hintere Teil abgestorben), steigt schräg, teilweise gerade aufwärts in das Moos; die Internodien sind 5—9 mm lang, so dass die Stengel verhältnismässig weit voneinander stehen. Die Wurzeln verbreiten sich im Moose, ihre Spitzen reichen in das Wasser unter dem Torfe; Tiefe 30—35 cm. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 5.5—25 cm, Dicke 0.5—0.8 mm. Zentralzylinder 0.14 mm, 5—6 zentrale Gefässe (18—20 μ), nach aussen hin viele kleine Gefässe. In der Innenrinde 8 weite Lufthöhlen; Innenwand der Endodermis verdickt. Diese Wurzeln besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.8—1.0 mm beträgt; die unbehaarte Spitze der Wurzel ca. 4 mm lang. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.06—0.12 mm, auch sie besitzen reichlich weisse 0.9—1.24 mm lange Wurzelhaare. Einige Wurzeln II. Ordn. mit 0.06 mm dicken Wurzeln III. Ordn. versehen. Länge der Wurzelhaare der Wurzeln III. Ordn. über 1 mm. Die Haare sind mit den *Sphagnum*-Blättern verwachsen. Dehnbarkeit der Wr zeln I. Ordn. 35—38 %.

Probe fl. 6 1 (braunmoorartige Torfbodenwiese, S. 43). 16. VII. 1929 (1 Indiv.).

Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.62 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12—0.14 mm, 5 zentrale Gefässe (20 μ). Aussenwand der Epidermis braun, verdickt. In der Aussenrinde 3 Zellschichten, ohne Interzellularräume. In der Innenrinde radiäre Interzellularräume. Innenwand der Endodermis stark verdickt.

Probe fl. 8 1 (sandiges Seeufer, S. 47). 12. VII. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom, 6—8 cm lang, 1.5—2.5 mm dick, liegt im Sande, und seine Spitze steigt schräg aufwärts. Das Rhizom verzweigt

sich in viele kurze Zweige. Die Stengel gehen vom Rhizom gerade aufwärts, die Internodien sind 1—3 mm lang. Die Wurzeln sind trimorph: 1) junge, weisse unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren Dicke 1.0—1.4 mm beträgt, 2) gelbe, verwzeigte dicke Wurzeln I. Ordn. und 3) feinere, verzweigte Wurzeln I. Ordn. Die gröberen, unverzweigten Wurzeln I. Ordn. sind 1.0 mm, die feineren 0.44 mm dick. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.06—0.08 mm. Alle Wurzeln besitzen reichlich Wurzelhaare, deren Länge bei den unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.9—1.0 mm, bei den Seitenwurzeln der verzweigten Wurzeln 0.62—0.80 mm ist. Der Zentralzylinder einer unverzweigten Wurzel I. Ordn. 0.2 mm, 4—6 zentrale Gefässe (20—30 μ). In der Innenrinde 10 grosse radiäre Lufthöhlen. Innenwand der Endodermis verdickt. Die sehr gewundenen Wurzeln krümmen sich um die Sandpartikelchen und gehen im Sande seitwärts und abwärts. Länge der Wurzeln I. Ordn. höchstens 11—18 cm, Tiefe 10—15 cm.

Probefl. 102 (sandiges Seeufer, S. 51). 22. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Das Rhizom ca. 2 mm dick. Die Stengel (Halme) gehen von ihm aus, 2—6 mm voneinander entfernt. In der Innenrinde 15—16 Lufthöhlen. Leitbündel hadrozentrisch. Epidermis braunwandig, Aussenwand etwas verdickt. Die Zellen der Aussenrinde führen Reservestoffe. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.80—0.87 mm, Zentralzylinder 0.16—0.18 mm, 5—7 grosse Gefässe (20—25 μ). Die Epidermiszellen sind in radiärer Richtung hoch, dünnwandig, darunter eine gelbbraune Exodermis. Die Wurzeln besitzen reichlich weisse Wurzelhaare. In der Innenrinde anfangs regelmässige, kleine 4-eckige Interzellularräume, später grosse, radiäre Lufthöhlen. Innenwand der Endodermis dick, verholzt.

Zusammenfassung: Das Rhizom steigt aufwärts in schnell wachsendem Moose und in lockerem Torfe (Probefl. 35), und die Stengel stehen weit voneinander (Abstand 5—9 mm); im festeren Torf liegt das Rhizom fast wagerecht, und die Stengel stehen näher aneinander (auf der Probefl. 81 ist der Abstand 1—5 mm). Das Rhizom ist 6—15 cm lang, und kann auch verzweigt sein, Dicke 1.6—2.5 mm (auf Torfboden 1.6—2.16 mm, auf Sandboden 2.0—2.5 mm).

Epidermis des Rhizoms braunwandig, Aussenwand etwas verdickt. Die Zellen der Aussenrinde führen Reservestoffe. In der Innenrinde 15—16 Lufthöhlen. Die Leitbündel sind hadrozyklisch. W u r z e l n: Dem Rhizom entspringen dreierlei Wurzeln: 1) weisse, junge unverzweigte Wurzeln I. Ordn., 2) gelblichbraune, verzweigte gröbe Wurzeln I. Ordn. und 3) gelblichbraune, verzweigte feinere Wurzeln I. Ordn. Im Sandboden sind die jungen unverzweigten Wurzeln I. Ordn. dicker — 0.8—1.04 mm (Probefl. 81 u. 102) — als im Torfboden (Probefl. 35, 61, 62, 79), wo ihre Dicke 0.50—0.80 mm beträgt. Die Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. ist auch im Sandboden grösser als im Torfboden, im Sandboden 0.8—1.0 mm und im Torfboden 0.50—0.80 mm. Die feineren Wurzeln I. Ordn. 0.44—0.50 mm dick. Dicke der Wurzeln II. Ordn. im Torfboden 0.06—0.12 mm, im Sandboden 0.12—0.16 mm. Wurzeln III. Ordn. gibt es wenig, im Sandboden reichlicher, Dicke 0.06—0.08 mm. Im Torfboden sind die Wurzeln gerade, im Sandboden voller Krümmungen. Die längsten jungen Wurzeln I. Ordn. 18 cm lang, die längsten verzweigten Wurzeln I. Ordn. (Probefl. 35, Überwachsungsmoor, C-S-T; H_2B_4) 25 cm lang; auf der Probefl. 79 (S-C-T) waren die längsten verzweigten Wurzeln I. Ordn. 14—16 cm lang. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 35—38 %. Alle Wurzeln besitzen reichlich farblose Wurzelhaare, deren Länge bei den jungen Wurzeln I. Ordn. im Torfboden (Probefl. 35) 0.6—0.7 mm, im Sandboden (Probefl. 81) 0.9—1.0 mm beträgt. Wurzelhaarlänge der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.8—1.2 mm, die der Wurzeln II. Ordn. (0.32—) 0.6—0.8—(1.24) mm. [Nach Freidenfelt (1904, S. 29) ist die Länge der Wurzelhaare der Seitenwurzeln 0.5 mm.] Länge der Wurzelhaare der Wurzeln III. Ordn. über 1 mm. Die Haare sind oft mit den *Sphagnum*-Blättern verwachsen. Mykorrhiza habe ich bei *Juncus filiformis* niemals gefunden. (Vgl. auch Stahl, l. c. S. 584.) Innerer B a u der Wurzeln: Durchmesser des Zentralzylinders der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.12 -0.18 mm; 5—7 zentrale Gefässe (18—25 μ), nach aussen hin viele kleine Gefässe. Die Epidermis ist dimorph (wie auch Freidenfelt, 1904, S. 28 sagt), die Zellen sind entweder rund oder in radiärer Richtung hoch (Probefl. 102), Aussenwand braun, etwas verdickt. Unter der Epidermis eine dreischichtige Aussenrinde, ohne Interzellularräume. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen in 8 radiären Reihen. Innenwand der Endodermis stark

verdickt, verholzt. Durchmesser des Zentralzylinders der jungen unverzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.20 mm, 4—6 zentrale Gefässe (20—30 μ). In der Innenrinde anfangs kleine regelmässige 4-eckige Interzellularräume, später 10 grosse radiäre Lufthöhlen.

Juncus stygius L.

Literaturangaben: Nach Buchenau (1890, S. 7) »findes undertiden Tvillingsrodhaar, i det en Overhudcelle deler sig. Som sedvanlig leve Rodhaarene i Regelen kun kort.» Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 399) haben die meisten *Juncus*-Arten »dels tykke og kun lidt grenede Rødder. I Overhuden afvexle lange Celler med korte, der baere Rodhaarene.» Nach Mela-Cajander (1906, S. 152) ist *Juncus stygius* ohne Wurzelstock.

Probefl. 98 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 15. VII. 1928 (5 Indiv.).

Wachsen in kleinen, dichten Bülten. Es gibt kein deutliches Rhizom. Länge der Wurzeln I. Ordn. im allgemeinen 6—8 cm, bei einigen Indiv. 10—12 cm, die längste Wurzel 13 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.32—0.48 mm, Zentralzylinder 0.08 mm. Nur einige kurze Wurzeln II. Ordn., Länge derselben 0.5—1 cm, Dicke 0.09—0.12 mm. Reichlich Wurzelhaare, Länge derselben 1.0—2.8 mm. Die Wurzeln dringen in den oberen Torf ein; Tiefe 0—5 cm.

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928, 16. VII. 1929 (5 u. 3 Indiv.).

Einige der untersuchten Individuen besitzen kurze, 1—1.5 cm lange Rhizome, die schräg im Moose emporsteigen. Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—7 cm; sie wachsen schräg abwärts im oberen Torf, Tiefe 0—10 cm. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.30—0.44 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.2—1.5 cm, Dicke 0.12—0.14 mm. Wurzelhaare reichlich, an den Wurzeln II. Ordn. ca. 20 Haare pro 1 mm; Länge der Wurzelhaare 1.2—2.0 mm. Der Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.06 mm, 1 grosses zentrales Gefäss oder 1 Zwillingsgefäss, nach aussen hin 10 kleine Gefässe. Epidermiszellen gross, dünnwandig, darunter eine kleinzellige Exodermis. In der Innenrinde der älteren Wurzeln grosse radiäre Interzellularräume.

Luzula campestris multiflora Ehrh.

Literaturangaben: Nach Hallier (1880, Bd. III, S. 55) ist das Rhizom ungegliedert und bildet kurze Ausläufer. Nach Buchenau (1890, S. 7) ist die Rinde der Wurzeln aus einem ziemlich dichten Saftgewebe (»Saftvaev») gebildet, und die Luftgänge fehlen. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 399) »have Luzula-Arterne, isaer de der voxe i den løse Skovbund, temmelig tynde og rigt grenede Rodder». Stahl (1900, S. 551) hat keine Spur von Verpilzung bei den *Luzula*-Arten gefunden. Nach Freidenfelt (1904, S. 34) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. (*L. campestris*) 0.28 mm, im Zentralzylinder 1 zentrales Gefäss, dessen Durchmesser 30 μ ist. Nach Mela-Cajander (1906, S. 183) ist *L. campestris multiflora* bültenbildend, das Rhizom ist nicht kriechend. Nach Hegi (1906, S. 183) »ohne Ausläufer». Nach Kirchner (1911, Bd. I, Abt. 3, S. 187) sind die Wurzeln bei Luzula dünn und meist reich verzweigt, sie haben in der Rinde keine Luftgänge und Lufthöhlen. Die Epidermis ziemlich grosszellig. Die Zellen der Rinde zeigen keine strahlige Anordnung, die innersten Zellschichten sind meist bereits stark verdickt. Die Endodermis ist U-förmig verdickt. In den kräftigen Wurzeln ist ein Kranz von Gefässen, etwa 5 oder auch mehr. Nach Voss (1929, S. 181) verlaufen die Wurzeln von *L. campestris* seicht. Die Triebwurzeln gehen nicht tief, dafür sind die Nebenwurzeln sehr reich und fein verzweigt. Die feinen Seitenwurzeln haben nur wenig Rindenzellen.

Probe fl. 100 (dünntorfiger Rasenplatz, S. 51). 2. VII. 1929 u. 30. VII. 1930 (2 u. 1 Indiv.).

Rhizom ziemlich dick, entsendet oberirdische Sprosse, eine ziemlich dichte kleine Bülte bildend. Wurzeln I. Ordn. 4—6 cm lang, Tiefe 0—5 cm, Dicke 0.20—0.28 mm. Zentralzylinder 0.13—0.16 mm. Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. gross, dünnwandig. Die älteren Wurzeln I. Ordn. ziemlich reichlich in Wurzeln II. u. III. Ordn. verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.08 mm, Zentralzylinder 0.01 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.05 mm. Die jüngeren, hellen Wurzeln I. Ordn. 0.28 mm dick, ihr Zentralzylinder 0.16 mm. In der Innenrinde keine Lufthöhlen; die Zellen liegen nicht in radiären und konzentrischen Reihen. Innenwand der Endodermis stark verdickt. Die jungen Wurzeln I. u. II. Ordn. besitzen ziemlich reichlich Wurzelhaare.

P r o b e f l. 1 4 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 20. VII. 1929 (2 Indiv.).

Das ganze schwache Wurzelsystem im Po-Moose. Länge der Wurzeln 5—10 cm, Tiefe 0—5 cm, Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.16—0.20 mm. Die Wurzeln sind ziemlich reichlich in Wurzeln II. u. III. Ordn. verzweigt. Keine Ausläufer.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 6. VIII. 1929 (Profil).

Die Wurzeln dringen bis zu einer Tiefe von 5—10 cm, die meisten nur 0—5 cm tief.

Luzula campestris sudetica (Willd.) Mey.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Mela-Cajander (1906, S. 155) ist das Rhizom etwas kriechend.

P r o b e f l. 4 5 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 2. VII., 3. VIII. 1928 u. 5. VII. 1929 (10 Indiv. zusammen).

Das R h i z o m steigt im oberen Torf kriechend schräg aufwärts. Länge des Rhizoms 2—3.5 cm. W u r z e l n gehen vom Rhizom und vom Basalteil der oberirdischen Sprosse aus und verlaufen wagerecht im oberen Torf und schräg abwärts. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—9 cm, Tiefe 0—5 cm, Dicke 0.12—0.20 mm. Zentralzylinder 0.07 mm. Die Wurzeln sind nicht besonders reichlich verzweigt. Einige Wurzeln sind unverzweigt. Maximale Länge der Wurzeln II. Ordn. 3 cm, Dicke 0.04—0.08 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.03—0.04 mm. Weisse, 0.5—1.6 mm lange Wurzelhaare kommen ziemlich reichlich an den Wurzeln verschiedener Ordn. vor. Auch Pilzhyphen, Ektomykorrhizen.

Majanthemum bifolium L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Hartman (1879, S. 413) ist der Wurzelstock dünn (smal), kriechend. Nach Raunkiaer (1897—1899, S. 210—212) kann man am Rhizom wenigstens 10 Jahrestriebe unterscheiden. »De vandrette Rhizomer, der udgaa omtrent i Jordskorpen, ligge derfor ogsaa fordholdsvis høit i Jorden, i Regeln i 2—6 Ctms Dybde, ofte endog høiere.» »En Krans af faa og ikke saerlig lange Birødder.» Nach Brundin (1898, S. 63) ist der hintere Teil

des Rhizoms bei *Majanthemum bifolium* horizontal und langgegliedert, der vordere Teil horizontal und ziemlich kurzgegliedert. Nach Hesse (1904, S. 11) sind die Primärwurzeln dieser Pflanze fast gänzlich haarlos, erst die in tieferen Erdschichten auftretenden Nebenwurzeln zeigen eine mässige Behaarung. Besonders auffällig ist bei dieser Liliacee die Derbwandigkeit der Wurzelhaare. Die Länge der Wurzelhaare ist 0.114 mm. Nach Kirchner (1914, Bd. I, Abt. 3, S. 651) wird die stielrunde, weissliche Grundachse etwa 3 mm dick und ist nur an den Knoten mit weissen, kaum 1 mm dicken, zumeist

Fig. 50. *Majanthemum bifolium.* Probefl. 16. 24. VII. 1928.

unverzweigten Wurzeln besetzt. Nach Schwarz (1923, S. 176—179) ist das Rhizom stets verzweigt. Von den Blattgründen geht ein Kranz von wenigen und nicht besonders langen Nebenwurzeln aus, die sich nach allen Seiten, auch nach oben, wenden. Nach Kujala (1926, S. 68 –69) kann das Rhizom von *Majanthemum* über 1 m lang werden, die beobachtete maximale Länge war 125 cm, und das betreffende Rhizom besass 50 Internodien; das Alter dieses Rhizoms war 6 Jahre, was als das maximale Alter der Jahrestriebe dieser Rhizome anzusehen sein dürfte. Das Rhizom verläuft in nur 1—2 cm Tiefe im Rhizomtorf und besteht aus schlanken, langen Internodien. Gewöhnlich 6 spärlich verzweigte Wurzeln gehen in der Nähe jeder Niederblattbasis strahlenförmig aus. Das Rhizom verzweigt sich gewöhnlich in ein oder ein paar rhizomartige lange Glieder. Nach Mattern (1928, S. 73) besitzt diese Liliacee nur wenig Wurzelhaare, die wahrscheinlich die Pflanze im Boden befestigen. Nach Voss u.

Ziegenspeck (1929, S. 359) ist diese Art, wenn auch nicht unbedingt obligat, so doch hochgradig auf Mykotrophie angewiesen.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928, 31. VII. 1929 (3 u. 2 Indiv.).

Das R h i z o m kriecht im oberen Torf in einer Tiefe von ca. 10 cm und entsendet einen Rhizomzweig gerade aufwärts. Länge der untersuchten Rhizome 62—86 cm, Dicke ca. 0.87 mm, am Basalende 1.0—1.2 mm, an der Spitze 0.6 mm dick. Aussenwand der Epidermis braun, ziemlich dick, darunter eine dünnwandige Exodermis. Rindenzellen gross, rundlich, Interzellularräume ganz klein. Die W u r z e l n gehen strahlenförmig je 2—6 von jedem Knoten aus, sie sind unverzweigt, ihre Länge schwankt zwischen 1.5—7 cm. Tiefe 10—15 cm. Die Dicke der Wurzeln beträgt 0.24—0.32 mm. Farblose Wurzelhaare gibt es ziemlich reichlich, Länge 0.37—0.52 mm. (Fig. 50).

P r o b e f l. 4 2 (OMT-Wald, S. 39). 21. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m kriecht wagerecht im Torf, ca. 4—5 cm tief. Dicke des Rhizoms 0.93—0.99 mm. Zentralzylinder 0.43 mm. Aussenwand der Epidermis etwas verdickt, darunter 6 Zellschichten in der Rinde; die Zellen sind rund, die Interzellularräume klein, 4-eckig. Die Innenwand der Endodermis ist dick. 6 Leitbündel, kollateral. In der Nähe der Niederblätter gehen 4—6 Wurzeln strahlenförmig nach verschiedenen Seiten aus. Die meisten Wurzeln sind unverzweigt, einige jedoch spärlich verzweigt und mit einfachen Wurzeln II. Ordn. versehen. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—5 cm, Tiefe 5—10 cm, Dicke 0.37—0.40 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.06 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—2.5 cm, Dicke 0.32—0.40 mm. Wurzelhaare gibt es stellenweise reichlich.

Paris quadrifolius L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Hallier (1880. Bd. IV, S. 15) liegt das deutliche, gegliederte, stielrunde, wenig verästelte, federkieldicke, mit schuppigen Blättchen besetzte Rhizom wagerecht im Boden. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 209) ist das Rhizom sehr spärlich verzweigt und von 6—10 lebendigen Jahrestrieben gebildet. Nach Hesse (1904, S. 11) ist die Länge der Wurzelhaare 0.142 mm. Nach Kirchner (1914, Bd. I, Abt. 3, S. 647) ist das bis 7 mm

dicke, hellbraune Rhizom langlebig, wenigstens kann man bis zu 10 Jahrgängen in lebender Verbindung zu derselben Zeit finden. Die jüngeren Wurzeln sind auf lange Strecken hin (über 10 cm weit) mit bräunlichen, fast 1 mm langen Wurzelhaaren dicht besetzt, namentlich dann, wenn sie mit lockerem Waldhumus in Berührung kommen, wie dies nicht selten der Fall ist. Die Wurzeln sind unverzweigt oder nur wenig verzweigt, ziemlich kurz. Nach Schwarz (1923, S. 167) ist die Epidermis des Rhizoms einschichtig, darunter einige Schichten gleichartiger Parenchymzellen und dann das Rindenparenchym. Im Zentralzylinder sind 5—9 Leitbündel eingelagert. Sie stehen im Kreise an der Peripherie, doch finden sich zuweilen einzelne Bündel nach der Mitte zu eingedrückt. In allen Parenchymzellen finden sich Stärkekörner (S. 173). Verzweigung des Rhizoms ist nicht selten. Nach Kujala (1926, S. 72—73) wird der Hauptteil dieser Pflanze von einem unterirdischen, wellenförmig geschlängelten Rhizom gebildet. An jedem Jahrestrieb desselben sind zwei oder drei Internodien. Das Rhizom verläuft ca. 2 bis 3 cm tief im humusreichen Boden. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt und kurz, 2 bis 3 Stück an jedem Jahrestrieb. Nach Draheim (1929, S. 410—411) stehen an dem Rhizom auch nur wenige, spärliche Wurzeln, die allseitig abgehen und sich etwas verzweigen. Mykorrhiza vorhanden. Die Wurzelhaare werden nur spärlich angelegt und entstehen etwas von der Spitze entfernt. Ihre Länge beträgt 0.14—0.15 mm, die Dicke wechselt zwischen 0.01—0.025 mm. Die Wandungen werden später derb und gegen Chromsäure äusserst widerstandsfähig. Wir haben hier also auch später beständige Haare. Das Rhizom ist stärkeführend.

P r o b e f l. 7 5 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 46). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m ist unverzweigt und kriecht wellenförmig im A-C-Torf ca. 2—3 cm tief in wagerechter Richtung. Das längere der hervorgegrabenen Rhizome ist 66 cm, das kürzere 42 cm lang. Das längere besass 29 Internodien, 14 Jahrestriebe; das kürzere 20 Internodien, 8 Jahrestriebe. Epidermiszellen braunwandig, Aussen- und Innenwand verdickt. Exodermis dünnwandiger. Rindenzellen rund, zwischen ihnen kleine 3-eckige Interzellularräume. In den Rindenzellen reichlich Stärke. W u r z e l n: Am Rhizom gehen von jedem Jahrestrieb ohne Ordnung 2 oder 3 Wurzeln aus, die meistens wagerecht, teil-

weisesc hräg abwärts im Oberflächentorf wachsen. Die Wurzeln sind 10—17 cm lang, braun, meistens unverzweigt. An der Bruchstelle der Wurzeln I. Ordn. entstehen dicke Wurzeln II. Ordn., die den abgebrochenen Teil der Wurzel I. Ordn. zu ersetzen scheinen. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm, Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.56 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.08—0.10 mm, 4 Gefässteile, die in der Mitte zusammenstossen. Die Epidermis- und Exodermiszellen sind rund, ziemlich gross. Die jungen Wurzeln besitzen spärlich Wurzelhaare, deren Länge 0.14—0.16 mm beträgt. In der Rinde 3 Schichten runder Zellen, von denen die zu äusserst befindlichen gross sind, die Interzellularräume sind klein, 3- oder 4-eckig. Endodermis dickwandig.

Orchis maculatus L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 304) sind die Wurzeln endotrophisch verpilzt. Rudimentäre Wurzelhaare sind vorhanden. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 331) »Der er ingen Tvivl om, at Ophrydé-Knolden maa opfattes som Rod; men hvorvidt den er en enkelt Rod eller flere sammenvoxende Rødder, derom ere Meningerne endnu delte». (*Orchis maculatus*, *O. incarnatus*, *Gymnadenia* gehören zum Ophrydé-Typus). Nach Freidenfelt (1900, S. 209) gibt es wenig Wurzelhaare. Im Zentralzylinder ist die Gefässbildung schwach. Nach Stahl (1900, S. 575) besitzt sowohl *Orchis maculatus* als *O. incarnatus* Pilzmycelien. Nach Raunkiaer (l.c., S. 327) und nach Freidenfelt (1902, S. 143—144) gehen die Wurzeln von *O. maculatus* nicht tief, und diese Art besitzt nur einige dicke und selten verzweigte Wurzeln. In der Rinde der Wurzeln finden sich konstant Pilzmycelien. Nach Hegi (1906, S. 353) sind die Knollen zusammengedrückt, in 3 bis 4 (seltener nur 2) Abschnitte handförmig geteilt, mit ziemlich dicken Nebenwurzeln.

Probefl. 42 (OMT-Wald, S. 39). 22. VI., 14. VII. u. 27. VIII. 1929 (zus. 6 Indiv.).

Die Wurzelknollen liegen ca. 3—5 cm tief im Torf. An der alten Wurzelknolle 28.2 bzw. 12.3 cm lange Lappen. An der Stengelbasis über der alten Knolle entspringen 4—5 Adventivwurzeln, deren Länge 4.5—13.5 cm beträgt. Alle Wurzeln, sowohl die Lappen der Knollen als die oberhalb der Knollen entspringenden Adventivwurzeln, gehen wagerecht seitwärts, und ihre Spitzen steigen dann im

Moose aufwärts. Die Wurzelspitzen liegen 1—5 cm tief im Moose. Die Wurzeln sind stets unverzweigt. Gesamtlänge der Wurzeln eines Individuums 64.3 cm. Dicke der Wurzeln 1.5—2.5 mm. Zentralzylinder 0.28 mm. Bei einem Indiv. schwankt die Länge der Wurzeln zwischen 5—16.5 cm, Gesamtlänge 99.5 cm. Die grösste horizontale Ausbreitung der Wurzeln 11—16 cm. Feine Wurzelhaare nur spärlich, Länge derselben höchstens 0.72 mm, Durchmesser 0.02 mm. Bei einem Indiv., das auf einem grossen, platten Steine wuchs, dessen Oberfläche nur von einer 4—5 cm dicken Humusschicht bedeckt war, waren die Wurzeln und die Lappen der Knollen sehr geschlängelt und folgten in ihrem Wuchs der Oberfläche des Steins. Die horizontale Ausdehnung der Wurzeln 6—7 cm. Wurzelhaare finden sich stellenweise reichlich.

Probefl. 87 (Rosmarinkrautmoor, S. 48). 8. VII. 1929 (3 Indiv.).

Stengelbasis 8—11 cm unter der Moosoberfläche. Die Adventivwurzeln oberhalb der Knollen gehen teils schräg abwärts, teils wagerecht seitwärts im Torf. In den Knollen 4—6 Lappen, die Spitzen 11—25 cm unter der Oberfläche des Mooses. Maximale Dicke der Wurzeln 2.2 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.32—0.36 mm, 5 Hadrome in fast radiärer Ordnung. Die Epidermiszellen fast rund, die Exodermiszellen etwas plattgedrückt. In der Innenrinde 7 Schichten runder Zellen, die Interzellularräume sind klein, 3- oder 4-eckig. In den Zellen reichlich Stärke. 6—7 Wurzelhaare im Querschnitt der Wurzel, die längsten Wurzelhaare 2.4 mm, gewöhnliche Länge 0.8—0.9 mm.

Probefl. 75 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 46). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Die Knollen liegen 2—3 cm tief im Torf. Über der Knolle entspringen bei den beiden untersuchten Individuen 4 Adventivwurzeln, die entweder aufwärts oder wagerecht seitwärts wachsen. Länge der Wurzeln 3—8 cm, Tiefe 0—5 cm, Dicke 1.4—1.6 mm. Zentralzylinder 0.28 mm, er enthält 7—8 Hadrome oder einzelne Gefässe zerstreut. Das grösste Gefäss 25 μ. Epidermiszellen dünnwandig, etwas platt. In der Innenrinde 5—6 Zellschichten, die Zellen sind gross, die Interzellularräume klein, 3- oder 4-eckig.

Probefl. 43 (OMT-Wald, Bülte, S. 39). 26. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Die Knollen ca. 2—4 cm tief im Torf, die Spitzen der Lappen 7—8 cm tief, die Spitzen der obersten Adventivwurzeln im Moose, ca. 3—4 cm tief. Die Wurzeln gehen allseitig ab, seitwärts, schräg abwärts und gerade aufwärts. Die Länge der Wurzeln beträgt 2.5—9.0 cm. Die Wurzeln besitzen stellenweise Pilzmycelien.

Orchis incarnatus (L).

Literaturangaben: Siehe die vorige Art. Nach Hegi (1906, S. 351) sind die Knollen zusammengedrückt, meist 2- bis 4-teilig. An feuchten Stellen gewöhnlich sehr verlängert; sehr selten fast ungeteilt.

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 11. VII. 1927 (2 Indiv.).

Die Wurzelknolle an der Grenze zwischen dem Moose und dem festeren Torf. An der Stengelbasis über der alten Knolle entspringen 5—6 einfache, unverzweigte Wurzeln, die nach verschiedenen Seiten fast wagerecht im Moose verlaufen. Länge der Wurzeln 3—10 cm; zusammengerechnete Länge der Wurzeln eines Individuums (ohne Knollen) 54 cm. An der alten Knolle 2 Lappen, deren Länge bei dem einen Indiv. 8 bzw. 11 cm, bei dem anderen 10 bzw. 11 cm war. Die Lappen der jungen Knollen noch ganz kurz. Dicke der Wurzeln 2—3 mm. Zentralzylinder 0.4—0.5 mm. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm.

Probefl. 98 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 28. VII. 1928, 4. VII. 1929 (2 u. 5 Indiv.).

Die Wurzelknolle 2- oder 3-lappig, Länge der Lappen 6—13 cm. Bei einem Indiv. finden sich 2 Adventivwurzeln, bei einem 4 und bei 3 Indiv. je 5 Adventivwurzeln. Die Länge der Adventivwurzeln wechselt zwischen 1—7 cm, mittlere Länge 4.8 cm (an 17 Wurzeln berechnet). Die Lappen der Knollen und die Adventivwurzeln wuchsen gegen die Strömungsrichtung des Wassers; Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln 2.0—2.2 mm. Zentralzylinder 0.4—0.6 mm. Wurzelhaare gibt es sehr wenig, ihre Länge beträgt 0.8—1.0 mm.

Orchis Traunsteineri Saut.

Literaturangaben: Nach Mela-Cajander (1906, S. 172) sind die Wurzelknollen oft ungeteilt.

Probefl. 98 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 4. VII. 1929 (8 Indiv.).

Die Knollen liegen 2—5 cm tief im Torf. Von den 8 untersuchten Pflanzen war die Knolle bei 5 Individuen ungeteilt und bei 3 Indiv.

Fig. 51. *Orchis Traunsteineri*. Probefl. 98. 4. VII. 1929.

in 2 Lappen geteilt. Länge der Lappen 7—13 cm. An der Stengelbasis über der Knolle entspringen bei den meisten Individuen 4 Adventivwurzeln, deren Länge zwischen 1—8 cm schwankt, Mittellänge 4.1 cm (an 20 Wurzeln berechnet): Dicke der Wurzeln ca. 2 mm, sie wachsen meistens fast wagerecht im oberen Teile des Torfes, die Spitzen steigen bei vielen aufwärts in das Moos. Bei den untersuchten 6 Individuen wuchsen die Adventivwurzeln und die Lappen der Knollen der Strömungsrichtung des Wassers entgegen, bei 2 Individuen wuchsen sie nach verschiedenen Seiten. Tiefe der Wurzeln 2—11 cm. (Fig. 51).

Gymnadenia conopea (L.) RBr.

Literaturangaben: Nach Schwarz (1883) hat *G. conopea* Wurzelhaare, deren Länge 3.5 mm sein kann. Raunkiaer (1895—1899, S. 331) siehe *Orchis maculatus*. Nach Mela-Cajander

(1906, S. 172) sind die Knollen platt, geteilt oder nur an der Spitze etwas gespalten. Nach Hegi (1906, S. 369) sind die Knollen ziemlich dick, plattgedrückt, 2-spaltig, mit handförmig geteilten, kurzen Lappen. Nach Stahl (1900, S. 575) besitzt diese Art Pilzmycelien. Nach Fuchs u. Ziegenspeck (1929, S. 346) findet man in der Zinke wie auch in der Beiwurzel deutliche Hadromlinien, man könnte sogar von der Andeutung eines Sternes reden. Die Art gedeiht auf sehr unterschiedlichen Böden, was den Wassergehalt anbelangt. Die Zinkenwurzeln gehen in die trockenen Böden tiefer als in die feuchten. Die Wurzeln sind ziemlich zahlreich. Es macht den Eindruck, als ob die Pflanze nicht imstande wäre, die Wasseraufnahme der Wurzeln genügend zu fördern, dafür aber die Anzahl etwas vermehren würde. Mit der Wasseraufnahme durch Zinken steht die fraglos bessere Ausbildung des Hadroms an den betreffenden Stellen der Knolle im Zusammenhang. Die Gymnadenien gehören vielleicht zu den zu selbständigerem Leben am besten veranlagten Arten des ganzen Kreises.

P r o b e f l. 4 1 (braunmoorartige Moorwiese, S. 38). 14. VII. 1928 (4 Indiv.).

Die Dicke des Torfes auf der Wuchsfläche war 0.2 m. Die Wurzelknollen liegen ganz im oberen Teile des Torfes. Sie sind platter als bei *Orchis maculatus* und auch reichlicher und tiefer geteilt. An der Knolle 6—10 Lappen. An der Stengelbasis über den Knollen entspringen viele Adventivwurzeln, die fast wagerecht in das Moos gehen. Die langen Lappen der Knollen gehen schräg abwärts in den Torf. Die Länge der Adventivwurzeln beträgt 14—15 cm, die der Lappen 13—14.5 cm. Adventivwurzeln gibt es 4—6 Stück. Tiefe der Wurzeln 5—15 cm. Alle Wurzeln sind unverzweigt, ihre Dicke beträgt 1.4—1.6 mm. Der Zentralzylinder ist etwas oval, Durchmesser 0.28—0.32 mm. Epidermis und Exodermis dünnwandig. In der Rinde 8—9 Zellschichten, in den runden Zellen reichlich Stärke. Zwischen den Zellen kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume. Im Zentralzylinder 5—6 radiäre Gefässgruppen, die grössten Gefässe liegen zu innerst. Wurzelhaare gibt es verhältnismässig reichlich, ihre Länge beträgt 0.8—3.0 mm.

Platanthera bifolia (L.) Rich.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 304) sind die Wurzeln endotrophisch verpilzt. Rudimentäre Wurzelhaare sind vorhanden. Nach Stahl (1900, S. 575) gibt es Pilzmycelien in den Wurzeln. Nach Mela-Cajander (1906, S. 173) sind die Knollen handgeteilt. Nach Hegi (1906, S. 372) sind die Knollen ungeteilt, ziemlich gross, etwas länglich, fast rübenförmig, allmählich in eine Wurzel verschmälert.

Probefl. 74 (Braunmoorbruch, S. 46). 27. VI. 1929 (4 Indiv.).

Die Wurzelknollen liegen 3—5 cm tief im Torf. An den Knollen 1 oder 2 Lappen. An der Stengelbasis über der Knolle entspringen 4—7 Adventivwurzeln, deren Länge 2.5—6.0 cm und deren Tiefe 5—10 cm beträgt. Viele Wurzeln drehen sich aufwärts, die Spitze wendet sich jedoch abwärts. Die Wurzeln sind unverzweigt, ihre Basaldicke 2.0—2.5 mm. Zentralzylinder im Durchmesser länglich, Diameter 0.40—0.88 mm. Die Gefässe (2—4 zusammen) sind im Zentralzylinder zerstreut. In der Rinde ca. 10 Zellschichten, Interzellularräume klein, 3-eckig.

Listera ovata (L.) RBR.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 395) ist der Wurzelstock lang, kriechend, mit zahlreichen Nebenwurzeln (birötter) versehen. Nach Hallier (1880) ist das Rhizom kurz, nestartig bewurzelt. Nach Schwarz (1883) hat diese Art Wurzelhaare. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 307—) »kan denne Plante opnaa en ret høie Alder. De udgrenede, med Rodhaar udstyrede Rødder kunne blive c. 0.5 M. lange.» Dasselbe erwähnt auch Irmisch (1853, S. 22). Brundin (1898, S. 63) hat in einem 43 mm langen Rhizom 12 Jahresglieder beobachtet. Nach Stahl (1900, S. 578) hat *L. ovata* (und *Cypripedilum calceolus*) an ihren Rhizomen lange, tiefgehende Wurzeln, in welchen die Gefässe viel stärker hervortreten als bei den entsprechenden Organen der Knollenorchideen. In den Wurzeln ist die Verpilzung weit spärlicher als bei *Orchis* und *Platanthera*. Nach Freidenfelt (1900 u. 1902, S. 144—145) hat der *Epipactis*-Typus (*Listera*-Arten und *Cypripedilum calceolus*) unverzweigte und längere Wurzeln als der Ophrydeen-Typus. Diese grössere Länge dürfte

darauf beruhen, dass die Wurzeln jener Arten, im Gegensatz zu denen der *Orchis*-Arten mehrere Jahre leben. Die Wurzeln gehen tiefer, und es gibt deren mehr als bei dem Ophrydeen-Typus. Die leitenden Elemente des Zentralzylinders sind stärker entwickelt, und die Endodermis ist dickwandig. Nach Mela-Cajander (1906, S. 177) ist das Rhizom lang mit zahlreichen Nebenwurzeln. Nach Hegi (1906, S. 177) ist die Grundachse walzig, meist wagerecht tief im Boden kriechend, mit zahlreichen langgestreckten, geschlängelten Wurzeln. Nach Fuchs u. Ziegenspeck (1925, S. 328) wurden auch für *Listera ovata* Wurzelschösslinge gefunden. Die Wurzelspitze kann in einen

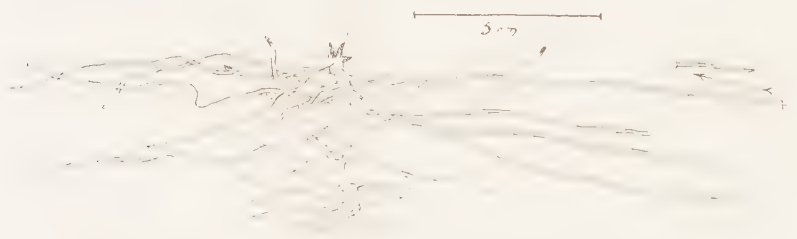


Fig. 52. *Listera ovata*. Probefl. 41. 11. VII. 1928.

Spross übergehen wie bei *Listera cordata*. Nach Ziegenspeck (1928, S. 63 u. 175) hat *Listera ovata* sowohl behaarte als haarlose Wurzeln; das Vorkommen von Pilzen ist vom Standort abhängig, sie können auch vollständig fehlen. Die Wurzeln sind normal nie verzweigt. Ihr Wachstum dauert sehr lange, etwa 10 Jahre. Dabei werden sie ziemlich lang. Sie bevorzugen Mineralboden, ohne allerdings in grosse Tiefen zu reichen. Die Pflanzen können wohl deshalb keine trockenen Standorte besiedeln. Ein Rhizom mit Resten von 24 Blütenständen trug 60 Wurzeln. Von ihnen dürften etwa 25 30 Stück nicht mehr der Aufnahme von Wasser dienen, sondern Stärkespeicher sein. Die Wurzeln sind zwar für eine Orchidee dünn, aber im Vergleich mit anderen Autotrophen doch dick zu nennen. Man gräbt die Wurzeln nie völlig aus. Schliesslich finden sich in den Wurzeln 9-strahlige Sterne. Die Wasserleitelemente sind sehr gut entwickelt. Erst spät verschliesst sich die Endodermis über dem Hadrom. Die Wurzel hat eine lange Saugzone und ersetzt so die fehlende feine Verzweigung bis zu einem gewissen Grade. Die Siebteile sind dage-

gen im Vergleich mit anderen, weniger autotrophen Pflanzen klein zu nennen. Festigungsgewebe fehlen der Wurzel fast völlig. Besonders an überschatteten Standorten war das anders. Die Wurzelhaare sind reichlich und lang.

Probefl. 41 (braunmoorartige-Moorwiese, S. 38). 14. VII. 1928 (5 Indiv.).

(Die Dicke des Torfes variierte auf der Wuchsfläche zwischen 0.1—0.3 m.) Der Basalteil des Stengels liegt tiefer an Stellen, wo der Torf dicker ist; im 15—20 cm dicken Torf befand er sich 5—6 cm tief. Das geschlängelte Rhizom ist 3—4 cm lang und wächst in fast senkrechter Richtung. Die Wurzeln gehen vom Rhizom aus und erstrecken sich meistens schräg abwärts in den Torf, einige gehen wagerecht seitwärts. Die Wurzeln sind unverzweigt und 8—11 cm lang. Wo der Torf höchstens 0.1 m dick ist, liegt die Stengelbasis ca. 2 cm unter der Oberfläche. Länge des gewundenen Rhizoms 5—6 cm. Die unverzweigten Wurzeln wachsen alle wagerecht seitwärts in den Torf. Länge der längsten Wurzeln 10—14 cm, Tiefe 5—10 cm. (Fig. 52). Wo die Torfschicht am dünnsten ist, ist auch das Rhizom wagerecht, und alle Wurzeln wachsen wie zusammengedrückt auf den beiden Seiten. Die Wurzeln scheinen den Lehm unter dem Torf zu meiden. Maximale Dicke der Wurzeln 1.52 mm, Zentralzylinder 0.24—0.28 mm. Wurzelhaare gibt es reichlich, Länge 0.32—0.80 mm. Wurzelpilze fehlen. Die Epidermis schwindet oft, nur die ziemlich dicke Innenwand besteht fort, darunter eine einschichtige Exodermis. In der Innenrinde sehr wenig Interzellularräume. In den Rindenzellen reichlich Stärke. Die Gefässe liegen zerstreut im Zentralzylinder, in undeutlich radiären Reihen. Einige von den Gefässen sind Doppelgefässe. Die grössten Gefässe 25—30 μ.

Listera cordata (L.) RBr.

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 396) ist der Wurzelstock kurz, mit nur einigen Nebenwurzeln versehen. Warming (1884, S. 36, mit Abb.) dürfte zuerst konstatiert haben, dass bei *Listera cordata* neue oberirdische Sprosse aus Wurzelsprossen entstehen können. Nach Brundin (1895) gehen von der Basis der Assimilationssprosse mehrere unverzweigte Wurzeln aus, von denen nur einige positiv geotrop sind. Sie wachsen fast senkrecht abwärts und

erstrecken sich ziemlich tief, bis in den Humus. Die meisten Wurzeln wachsen dagegen in wagerechter Richtung. Sowohl die tiefgehenden als auch die wagerechten Wurzeln fungieren als Ernährungswurzeln, aber die im Moose kriechenden wagerechten Wurzeln besitzen noch eine Spezialaufgabe, weil die Spitzen dieser Wurzeln sich aufwärts wenden und sich zu grünen, blättertragenden und blühenden Stengeln entwickeln. Jene »Rhizomwurzeln» leben wenigstens drei Jahre, und im vierten Jahre befreien sich die aus den einzelnen Wurzeln entwickelten Sprosse voneinander zu selbständigen Individuen. Nach Brundin (1898, S. 62—63 ist das Rhizom vertikal, unverzweigt. Raunkiaer (1895—1899, S. 312—313) beschreibt die unterirdischen Teile dieser Pflanze nach Irmisch (1853, S. 22), Warming (1884) und Brundin (1895). Nach Raunkiaer (l.c. S. 313) ist das emporsteigende Rhizom bei *L. cordata* dünner und länger als bei *L. ovata*. Nach Raunkiaer und nach Kujala (1926, S. 74) sind die Wurzeln ca. 15 cm lang. Nach Hegi (1906, S. 386) ist die Grundachse dünn, schlank, kriechend, mit weniger fädlichen Wurzeln. Nach Fuchs u. Ziegenspeck (1925, S. 320—321) ist der Wurzelstock sehr dünn und weithin verstrickt. Die Wurzeln streichen sehr oberflächlich und sind ziemlich lang und dünn. Hadrom reduziert, Siebteil gefördert. Gar keine zugfesten Elemente, selbst der Siebteilschutz fehlt fast ganz. Verschluss des Holzteiles. Lange Wurzelhaare bei Leben im Moose und starker Verpilzung. Nach Ziegenspeck (1928, S. 188—190) entstehen neue Individuen als Abkömmlinge von Wurzelschösslingen aus den sehr seicht und weithin streichenden Wurzeln. Die Spitze der Wurzel wächst weiter, und das Stämmchen formt sich allmählich aus der adventiven Wucherung heraus. Charakteristisch sind die sehr langen Haare, die wir zumeist bei solchen Bewohnern von Moospolstern vorfinden. Zahlreiche Pilzstränge wandern in den Haaren in die Wurzel und umgekehrt. Die Verballung der Pilze im Innern ist sehr reichlich. Der Siebteil ist ausnehmend mächtig. 4 Siebteile, 4 Gefässteile.

P r o b e f l. 1 3 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 25. VI., 28. VI., 15. VII. 1927 u. 2. VIII. 1928 (zus. 13 Indiv.).

Das R h i z o m befindet sich bei allen untersuchten Individuen an der Grenze zwischen dem lebenden Moose und dem Torfe, bei einigen Individuen ist das Rhizom senkrecht, bei anderen wagerecht, Länge 1—4 cm, Dicke 1.5—2.0 mm. Vom Basalteil der Assimila-

tionssprosse gehen 7—11 unverzweigte Wurzeln aus, von denen die meisten wagerecht im oberen Torf wachsen, einige von den Wurzeln gehen abwärts in den Torf bis zu einer Tiefe von höchstens 5—15 cm. Länge der Wurzeln variabel, die kürzesten 1—3 cm, die längsten 11—13 cm, Gesamtlänge der Wurzeln eines Individuums 54.5 cm. Dicke der Wurzeln 0.60—1.0 mm. Zentralzylinder 0.16—0.18 mm.

Fig. 53. *Listera cordata*. Probefl. 13. 15. VII. 1927.

Die Wurzeln sind dicht mit hellgelblichen Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 1.2—3.0 mm beträgt. Länge der haarlosen Wurzelspitze 3.0—4.6 mm. Epidermis dünnwandig. In der Innenrinde dünnwandige Zellen von verschiedener Grösse, keine Interzellularen. In den Zellen gibt es Stärke. Im Zentralzylinder 4 Hadrome und 4 Leptome. Die Spitzen einiger wagerechten Wurzeln steigen ein wenig aufwärts, schwellen an, und von ihnen wachsen Assimilationssprosse aufwärts. Eine der untersuchten Pflanzen hatte zwei blühende Stengel und zwei blättertragende Sprosse, die alle der »Rhizomwurzel» desselben Individuums entstammten. Die jungen Sprosse befreien sich später und entwickeln sich zu selbständigen Individuen. (Fig. 53).

Ausserdem habe ich zwei *L. cordata*-Individuen untersucht, die auf einer dünntorfigen Stelle eines Abhanges (Sotkamo, Jormaskylä, Lehtovaara; 26. VI. 1929) wuchsen. Dicke der Wurzeln 0.87 mm, Zentralzylinder 0.12 mm. Epidermiszellen etwas platt, mit ein wenig verdickter Wand; darunter die Exodermis. In der Innenrinde grosse, eckige Zellen, zwischen ihnen kleine 3-eckige Interzellularräume. In den Rindenzellen Stärke. Wurzelhaare reichlich. In den Wurzeln stellenweise Pilzmycelien.

Cypripedilum calceolus L..

Literaturangaben: Nach Hartman (1879, S. 399) ist der grobe, kriechende, wagerechte Wurzelstock mit zahlreichen langen Beiwurzeln versehen. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 306—307) »har *C. calceolus* et svikkelformet forgrenet Rhizom, der hos blomstrende Individer oftest er vandret, hvorimod de hos yngre, endnu ikke blomstringsdyktige Planter i Regeln er lodret. Rhizomet kan opnaa en ret betydelig Laengde paa Grund af, at de enkelte Led ere mangeaarige, saa at mange Skudgenerationer ere levende paa samme Tid. Rødderne, de mangle Roodhaar, udgaa i Regelen parvis fra Grunden af Knopperne, men kunne dog ogsaa udgaa fra andre Punkter paa Staengelen; de holde sig friske i flere Aar og kunne opnaa en Laengde af indtil over 30 ctm.» Nach Hallier (1880, Bd. IV, S. 187) liegt das kräftige, ästige bis federkieldicke Rhizom schräg oder wagerecht im Boden. Brundin (1898, S. 62) hat an einem 20 cm langen Rhizom 27 Jahresglieder beobachtet, und die Wurzeln waren auch noch in den ältesten Teilen des Rhizoms erhalten. Nach Stahl (1900, S. 578) hat *C. calceolus* (siehe *Listera ovata*, S. 00) an seinen Rhizomen lange, tiefgehende Wurzeln, in welchen die Gefässe viel stärker hervortreten als bei den entsprechenden Organen der Knollenorchideen. Die Wurzeln oft in ihrer ganzen Ausdehnung frei von Pilzen. Nach Freidenfelt (1902, S. 144) ist die Wurzel grob, regelmässig unverzweigt, im allgemeinen länger als bei dem Ophrydeen-Typus; die Länge kann über 30 cm sein. Nach Hesse (1904, S. 13) hat *C. calceolus* wenig Wurzelhaare, die 0.10—0.25 mm lang sind, Durchmesser 0.012 -0.018 mm. Nach Hegi (1906, S. 327) ist die Grundachse fast horizontal kriechend, mit Schuppen und ziemlich dicken Wurzelfasern versehen. Nach Fuchs u. Ziegenspeck (1925,

S. 332) ist der Xylemstern kräftig, und der gesamte Siebteil weist verholzte Wände auf. Nach ZIEGENSPECK (1928, S. 48—56) kommen Wurzelhaare an den Wurzeln vor. An alten Wurzeln und in ungünstiger Jahreszeit finden sich keine Wurzelhaare. Die Wurzeln haben eine lange Lebensdauer und wachsen ebenfalls mehrere Jahre. Bei

Fig. 54. *Cypripedilum calceolus*. 2 Wurzelsysteme. Probefl. 71. 12. VIII. 1928. 1. Von oben gesehen.

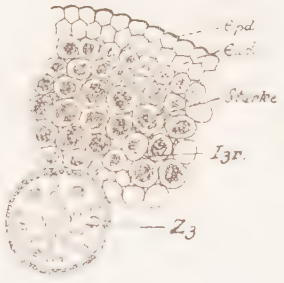


Fig. 55. *Cypripedilum calceolus*. Wurzel I. Ordn.

älteren Individuen fehlen die Pilzhyphen schliesslich vollständig, und die Pflanze ist dann autotroph; der Hadromteil wird damit kräftiger. Das Rhizom ist sympodial. »Entweder von einem kurzen Rhizomstück gehen sehr weitstreichende Wurzeln aus oder das Rhizomstück besorgt die Ausnützung der Oberfläche und trägt kurze Wurzeln. Da wo eine gute Durchlüftung auch tief liegenden Anteilen eine gute Atmung gestattet, finden wir den zweiten Typus. Von einem kurzen, gerne aufrecht stehenden Wurzelstocke gehen sehr lange,

tiefstreichende Wurzeln aus.» An die Stelle einer feinen Verästelung tritt die Ausbildung zahlreicher und langer Wurzelhaare.

Probefl. 74 (Braunmoorbruch, S. 46). 12. VIII. 1928 u. 27. VI. 1929 (4 u. 6 Indiv.). Alle untersuchten Individuen waren blühende oder ausgeblühte, alte Individuen. Das unverzweigte Rhizom liegt fast wagerecht im oberen Teile des Torfes, 3—8 cm tief. Länge des Rhizoms 5—11 cm, Alter 3—6 Jahre, Dicke 6—9 mm. Die Wurzeln gehen fast paarweise vom Rhizom aus und erstrecken sich meistens wagerecht seitwärts. Bei einigen Individuen, deren Rhizom sich schlängelnd etwas aufwärts hebt, gehen die Wurzeln wenigstens teilweise schräg abwärts in den Torf. Die Länge der Wurzeln ist sehr variabel, 5—25 cm; die längsten angetroffenen Wurzeln sind 35—48 cm lang, Tiefe 5—15 cm. Sämtliche Wurzeln sind unverzweigt, Dicke 1.0—1.68 mm, gewöhnlich 1.0—1.5 mm. Wurzelhaare fehlen vollständig. Durchmesser des Zentralzylinders 0.25—0.48 mm; im Zentralzylinder der älteren Wurzeln 8 radiäre Hadromteile, die innersten Gefässe sind die weitesten (20—50 μ), 8 Gefässteile. In den Rindenzellen reichlich Stärke, in der Rinde 6—7 Zellschichten, die Zellen gross, die Interzellularräume klein, 3- oder 4-eckig. Epidermis braunwandig, Aussenwand verdickt. Exodermis dünnwandig. Mykorrhiza habe ich nicht gefunden. (Fig. 54, 55).

Betula nana L.

Literaturangaben: Nach Keso (1908, S. 8) erhalten die der Erde angeschmiegten und von Erde bedeckten Stämme von *Betula nana* sehr leicht zahlreiche Nebenwurzeln, die dem Reise die eingebüsste Hauptwurzel vollständig ersetzen. Diese letztere hat Keso kein einziges Mal angetroffen. Die Nebenwurzeln können mehrere Jahre hindurch ausdauern; die älteste war 15 Jahre alt und hatte einen Durchmesser von 2.5 mm. Nach Kotilainen (1927, S. 58, 68) gedeiht diese Pflanze wohl auf weniger sauerem Torfboden sogar besser, jedoch sind die Feuchtigkeitsverhältnisse des Torfbodens oder vielleicht richtiger der Sauerstoffgehalt des Wassers und die Durchlüftung des Torfes von entscheidender Bedeutung für das Gedeihen der Art. Nach demselben Autor (l. c., S. 151—152) gehört *Betula nana* zu den ein reichliches Oberflächenwasser vertragenden Arten. »Ihr Vorkommen auf nassen Standorten ist teilweise dem Kampf ums

Dasein und leidlichen Anpassungsvermögen gegenüber dem reichlichen Oberflächenwasser zuzuschrieben.»

P r o b e f l. 6 9 (Multbeerbruch, S. 45). 8. VIII. 1927 (2 Indiv.).

Die untersuchten Individuen waren ziemlich hohe und dichte Sträucher. Von den im Moose befindlichen unterirdischen Stengeln gehen reichlich verzweigte Wurzeln aus, die von verschiedener Dicke sind und sich in das Moos und in den Torf erstrecken. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.72—1.0 mm, einige sind 2—3 mm dick. Am

Fig. 56. *Betula nana.* Wurzelverzweigung. Pilzhyphen. Probefl. 96. 23. VIII. 1928.

reichlichsten finden sich Wurzeln im obersten Torfe. Die Länge der Wurzeln schwankt zwischen 10—32 cm. Die feinsten Wurzeln I. Ordn. 0.25—0.30 mm dick. Die Wurzeln sind im allgemeinen fast schwarz, und die kleinsten Seitenwurzeln sind oft wegen der Mykorrhiza angeschwollen.

P r o b e f l. 9 6 (*Carex limosa*-Weissmoor, Bülte, S. 50). 23. VIII. 1928 (1 Indiv.).

Die von den unterirdischen Stengeln ausgehenden Wurzeln sind alle dicht und reichlich verzweigt. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 15—40 cm, die Dicke beträgt 0.20—0.70 mm. Es gibt auch dickere Wurzeln, deren Basaldicke 2—3 mm beträgt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16—0.30 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.10 mm. An vielen Wurzeln II. Ordn. gibt es kurze Wurzeln

III. Ordn., die wegen der Wurzelpilze angeschwollen sind; einige besitzen längere und dünnere Seitenwurzeln. Die Spitzen der jungen Wurzeln I. Ordn. sind weiss, deren unverzweigte Spitze ca. 7—8 cm lang. Diese Wurzeln wachsen fast wagerecht im oberen Teile des Torfes. Meistens sind die Wurzeln jedoch sehr dunkelgefärbt. Reichlich Pilzhyphen um die Wurzeln II. und III. Ordn. Tiefe der Wurzeln 10—30 cm. (Fig. 56).

P r o b e f l. 7 8 (Grossseggen-Weissmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (3 Indiv.).

Ganz kleine Reiser. Das Wurzelsystem ist reichlich verzweigt, die Wurzeln schwarzbraun. Die längsten Wurzeln 15 –20 cm lang. Die Wurzeln II. Ordn. 1—3 cm, die der III. Ordn. 1—2 mm lang, oft wegen der Pilze angeschwollen. Die Wurzeln im Oberflächentorfe, Tiefe 5—15 cm.

P r o b e f l. 8 5 (*Sphagnum fuscum*-Reisermoor, S. 48). 8. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die längsten Wurzeln I. Ordn. 25 cm lang, allgemeine Länge 12—15 cm, Dicke 0.50—0.56 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.15 mm. Die rötlichbraunen Wurzeln liegen teils im lebenden *Sphagnum*, teils im S-Torfe; Tiefe der Wurzeln 10—25 cm. In der Rinde der Wurzeln kommen Interzellularräume vor.

Montia lamprosperma Cham.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Freidenfelt (1902, S. 166) zählt *Montia* zu dem *Lobelia*-Typus, der unverzweigte Adventivwurzeln besitzt. (Zu diesem Typus gehören auch *Ranunculus pygmaeus*, die *Drosera*-Arten usw.)

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 4. VII. 1927 (4 Indiv.).

Der schwache Stengel geht in Form einer sich verjüngenden Hauptwurzel fast senkrecht abwärts in den wässrigen Bodenschlamm. Länge der Hauptwurzel 3.4—5.1 cm. Von der Hauptwurzel gehen schon in der Nähe der Erdoberfläche feine, unverzweigte Seitenwurzeln (Wurzeln II. Ordn.) aus, die in fast wagerechter Richtung wachsen. Tiefe der Wurzeln höchstens 3.5—4.5 cm. Die Wurzeln liegen also ganz oberflächlich, entweder im Moose oder im Schlamm. Die Dicke der Wurzeln beträgt 0.12—0.18 mm. Die Seitenwurzeln sind

unverzweigt, nur bei einem einzigen Individuum habe ich eine Wurzel III. Ordn. angetroffen, deren Länge 2.1 mm betrug. Die Länge der Wurzeln eines Individuums war 4—8—11—21—23—21—24—24 25—36—42—51 mm, die Gesamtlänge 29 cm. Die Länge der läng-

Fig. 57. *Montia lamprosperma*. Probefl. 28. 4. VII. 1927.

sten Wurzeln bei einem anderen Individuum war 3.1—3.4 cm. Sehr reichlich Wurzelhaare, Länge 2.4—2.8 mm. Die haarlose Wurzelspitze 0.8 mm lang. (Fig. 57).

P r o b e f l. 8 0 (Grasbruch, S. 47). 4. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das ganze Wurzelsystem im *Sphagnum*, 0—5 cm tief. Wurzeln unverzweigt, Dicke 0.12—0.16 mm, Länge 0.8—6.0 cm. Die Wurzeln weisen reichlich Haare auf. Die meisten Wurzeln kriechen fast wagerecht im Moose.

Caltha palustris L.

Literaturangaben: Schwarz (1883) gibt an, dass diese Pflanze weder im feuchten Raum noch in Wasser noch in Erde Wurzelhaare produziert. Nach Marié (1884) ist das Rindenparenchym sehr lakunös, der Zentralzylinder primär und enthält 4 oder 5 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile. Nach Nilsson (1885, S. 95, 162) ist das Wurzelsystem von einem Bündel dicker und ziemlich langer Wurzeln gebildet, die mit ziemlich wenigen, fast unverzweigten Seitenwurzeln versehen sind. Nach Höveler (1892, S. 308) sind die Wurzeln unverpilzt und mit Wurzelhaaren versehen. Nach Brundin (1898, S. 104) hat *Caltha palustris* schon zur Blütezeit eine grosse Menge kräftiger, spärlich verzweigter Nebenwurzeln. Das Wurzelsystem ist von ca. 40 St. etwa 100 mm langen Adventivwurzeln gebildet. Nach Schlicht (1889, S. 83) und nach Freidenfelt (1904, S. 54) gibt es Pilzmycelien in den Wurzeln II. Ordn. Nach Freidenfelt (1900, S. 220) ist der Zentralzylinder bei dieser Pflanze ± reduziert (wie im allgemeinen bei den Hydrophilen), die Epidermis ist bestehend, ihre Wände sind oft verdickt. Nach Freidenfelt (1902, S. 163) gehört *C. palustris* zu dem *Nymphaea*-Typus, für den es charakteristisch ist, dass die Nebenwurzeln einfach sind oder nur einzelne Verzweigungen besitzen. Nach Freidenfelt (1904, S. 54) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.21—2.60 mm, die der II. Ordn. 0.40—0.50 mm. An den Wurzeln II. Ordn. spärlich Wurzelhaare; in der Rinde reichlich Pilzhyphen. Nach Hesse (1904, S. 35) zeigten die Wurzeln aus dem Schlamm am Rande eines Baches nicht die geringste Haarbildung. Jedoch besassen die Wurzeln einer Pflanze, die auf kiesigem Grunde eines fliessenden Baches wuchs, sehr reichlich Wurzelhaare, die 0.95 mm lang und 0.0144 mm dick waren.

Probefl. 39 (Moorwiese, S. 38). 9. VII. 1927 (4 Indiv.).

Dem unterirdischen Stengel entspringen nach verschiedenen Seiten, seitwärts und schräg abwärts Wurzeln I. Ordn. verschiedener Länge, von denen einige hell, andere braun sind. Die Wurzeln besitzen verhältnismässig wenig 2—10 mm lange Seitenwurzeln. Eine untersuchte Pflanze besass zusammen 23 Wurzeln, deren Länge zwischen 0.5 23 cm schwankte, Tiefe 10—15 cm. Die zusammengerechnete Länge dieser Wurzeln war 238.5 cm (die Wurzeln II. Ordn.

sind nicht mitgenommen). Die längste Wurzel war bei einem anderen Individuen 20 cm, bei einem dritten 19 cm lang; dieses hatte insgesamt 9 Wurzeln, bei einem mit insgesamt 16 Wurzeln war die längste Wurzel 21 cm lang. Die Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. beträgt 1.2—2.3 mm.

Probefl. 53 (Braunmoor, S. 41). 19. VI. 1928 (2 Indiv.).

Von der Stengelbasis, die 2—3 cm tief im Moose liegt, gehen Wurzeln nach allen Seiten in das Moos und in den A-C-T. Die Länge der Wurzeln beträgt 15—20 cm, die Tiefe 10—15 cm. Maximale Dicke der Wurzeln I. Ordn. 2.82 mm, Zentralzylinder 0.40 mm, 4 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile. Einige Individuen besitzen auch verzweigte Wurzeln II. Ordn. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—3.5 cm, Dicke 0.24—0.28 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—4 cm. An den Wurzeln II. Ordn. ziemlich reichlich 0.40—0.88 mm lange Wurzelhaare. Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. gelbbraun, ziemlich dickwandig. In der Innenrinde reichlich Interzellularräume verschiedener Grösse.

Probefl. 48 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 9. VIII. 1928 (2 Indiv.).

(Wuchsfläche eine kleine Bülte.) Die Wurzeln, die sehr wenig Seitenwurzeln besitzen, dringen in den A-C-T- ein. Tiefe der Wurzeln 20—25 cm, maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 40 cm, Dicke 1.6—2.8 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.40 mm. 4 radiäre Gefässgruppen. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 20—30 %. Wurzeln II. Ordn. finden sich am reichlichsten an den Spitzenteilen der Wurzeln I. Ordn. Sie sind 0.24 mm dick und mit 0.5—0.6 m langen Wurzelhaaren versehen.

Probefl. 19 (*Calla*-Bruchmoor, S. 34). 18. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Vom unterirdischen Stengel gehen 20—30 Wurzeln aus, die beinahe der Oberfläche parallel und schräg abwärts in den Torf wachsen. Länge der Wurzeln I. Ordn. 20—30 cm, Tiefe 15—25 cm, Dicke 2.2—2.42 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.36 mm, 5 radiäre Gefässgruppen. Zentralzylinder der feineren Wurzeln I. Ordn. 0.24 mm; darin 4 radiäre Gefässgruppen. Einige der Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt, andere besitzen zahlreiche Wurzeln II. Ordn. Die Zentralzylinder der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.24 mm im Durchmesser, sie enthalten 4 Gefässgruppen. Dicke der Wurzeln II. Ordn.

0.24 mm, Länge 4—4.5 cm. Die längsten Wurzelhaare der Wurzeln II. Ordn. 1.2 mm. Auch die unverzweigten Wurzeln I. Ordn. sind mit Haaren versehen, deren Länge 0.4—1.0 mm beträgt. An der Bruchstelle der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. wachsen mehrere dicke (0.64—0.68 mm) Wurzeln II. Ordn., Länge 2—4.5 cm. Auch an diesen Wurzeln II. Ordn. kommen reichlich Wurzelhaare vor.

P r o b e f l. 4 8 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 11. VI. 1929 (1 Indiv.).

(Wuchsfläche eine Schlenke.) Die Wurzeln liegen wagerecht im A-C-T; Tiefe 5—12 cm. Die Wurzeln I. Ordn. sind höchstens 20 cm lang, grösste Dicke 3.2 mm. An der Bruchstelle der Wurzeln I. Ordn. sind grobe Wurzeln II. Ordn. entstanden. Sonst sind die Wurzeln II. Ordn. 0.28 mm dick, und es gibt deren wenig.

P r o b e f l. 7 3 (Multbeerbruch, S. 46). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Die Wurzeln gehen wagerecht und schräg abwärts in den humifizierten Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—23 cm, Tiefe 10—15 cm, einige Wurzeln reichen 20 cm tief. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. höchstens 3.0 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.27—0.44 mm, 4—5 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile (Hadrome). Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 5—10 %. Die Rindenzellen führen reichlich Stärke. Wurzelhaare finden sich sowohl an den Wurzeln I. als II. Ordn.

P r o b e f l. 9 1 (Bruchmoor, S. 49). 1. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Die Wurzeln wachsen fast wagerecht seitwärts, Länge 10—15 cm, Tiefe 6—10 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.30—2.0 mm; der Zentralzylinder ist 0.24—0.28 mm dick und hat 5 radiäre Hadromteile. Aussenwand der Epidermis etwas verdickt. Die Rindenzellen enthalten reichlich Stärke, zwischen den Zellen grosse Interzellularräume. Die spärlichen Seitenwurzeln II. Ordn. sind 0.20—0.25 mm dick und mit 0.62—1.12 mm langen Haaren versehen; Zahl der Haare 15—20 pro 1 mm.

O u l u, Orikari, Wiesengraben, 25. V. 1928 (1 Indiv.).

Basaldicke der gröbsten Wurzel I. Ordn. 2.6 mm. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.36—0.40 mm. Dicke der ganz kurzen, jungen, weissen Wurzeln I. Ordn. 0.72—0.80 mm; ihr Zentralzylinder 0.13 mm. Die Wurzeln II. Ordn. der groben Wurzeln I. Ordn. sind 0.8—0.9 mm, die feineren Wurzeln II. Ordn. 0.28 mm dick. Die Wur-

zeln II. Ordn. besitzen ziemlich reichlich Wurzelhaare; stellenweise findet man Pilzhyphen in der Rinde.

Zusammenfassung: Von dem kurzen unterirdischen Stengel gehen radiär nach verschiedenen Seiten, wagerecht seitwärts oder schräg abwärts 16—30 Wurzeln aus. Die jüngeren Wurzeln sind hell, die älteren braun. Es gibt sowohl unverzweigte als verzweigte Wurzeln I. Ordn., von denen die feinsten 0.8—1.6 mm dick sind, während die Basaldicke der gröberen 2.0—3.2 mm beträgt. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. schwankt zwischen 0.5—49 cm. (Nach Brundin ist die Länge ca. 10 cm.) Auch die verzweigten Wurzeln sind wenig verzweigt, meistens sind die Wurzeln II. Ordn. unverzweigt. Auf der Probefl. 53 (Braunmoor) fanden sich einige 1—4 mm lange Wurzeln III. Ordn. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.2—4.5 cm lang und 0.24—0.28 mm dick. Die an der Bruchstelle der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. entstandenen Wurzeln II. Ordn. sind 0.64—0.68 mm dick. Die Wurzeln II. Ordn. kommen am reichlichsten am Spitzenteile der verzweigten Wurzeln vor. Fast alle Wurzeln besitzen Haare, deren Länge bei den Wurzeln I. Ordn. 0.4—1.0 mm und bei den Wurzeln II. Ordn. 0.4—1.2 mm beträgt. Die Wurzeln II. Ordn. haben 15—20 Haare pro 1 mm (Probefl. 91). Nach Schwarz fehlen die Haare vollständig. Nach Hesse fehlen die Haare im allgemeinen; die Wurzeln einer von ihm untersuchten Pflanze, die auf kiesigem Grund eines fliessenden Baches wuchs, besass jedoch sehr reichlich Wurzelhaare, deren Länge 0.95 cm betrug. Nach Höveler sind die Wurzeln mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Schlicht dagegen hat Pilzhyphen angetroffen. Selbst habe ich Pilzhyphen an den Wurzeln dieser Pflanze nur bei einem in einem Wiesengraben gewachsenen Individuum gefunden. Der Durchmesser des Zentralzylinders einer 2.8 mm dicken Wurzel I. Ordn. war 0.40 mm; im Zentralzylinder gewöhnlich 4, bisweilen 5 in der Mitte zusammenstossende Hadrome. (Zentralzylinder in einer 2.2 mm dicken Wurzel 0.24 mm.) Die Epidermiszellen in den älteren Wurzeln I. Ordn. gelbbraun, Membran etwas verdickt. In der Innenrinde oft grosse Interzellularräume oder solche von verschiedener Grösse. In den Rindenzellen reichlich Stärke. Die Tiefe der Wurzeln gewöhnlich unter 15 cm, ausnahmsweise (Probefl. 48, auf einer Bülte) reichen die Wurzeln 20—25 cm tief. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. oft 20—30 %, bei anderen 5—10 %.

Ranunculus acer L.

Literaturangaben: Nach Hallier (1882, Bd. 11, S. 162) ist der Wurzelstock sehr kurz und hat eine Menge büschelförmig stehender Wurzelfasern. Nach Schlicht (1889, S. 83) gibt es Pilzhyphen in den Wurzeln. Nach Brundin (1898, S. 77) wachsen im Laufe des Sommers vom unterirdischen Stengel zahlreiche kräftige Adventivwurzeln aus, in deren Gewebe die Assimilationsprodukte teilweise reserviert werden. Nach Freidenfelt (1902, S. 159) gehören die Wurzeln von *R. acer* u. *R. repens* zu dem gleichförmig nebenwurzelbildenden Typus mit einfachen Nebenwurzeln, aber die Nebenwurzeln können auch einfach sein. Nach demselben Autor (1904, S. 52) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. bei *R. acer* 1.3 mm. Die Epidermis bleibt erhalten, und ihre Aussenwände sind verdickt. Wurzelhaare gibt es wenig. Die Exodermis ist deutlich, die Zellen sind hoch. In der Innenrinde 15—17 Zellschichten, in den Zellen Stärke. Die Endodermiswand ist verholzt, nur die Durchlasszellen vor den Hadromen sind unverdickt. Die weitesten Gefässe 55 μ. Nach von Alten (1909, S. 186) hat *Ranunculus acer* zweierlei Wurzeln, nämlich Bereicherungswurzeln und Ernährungswurzeln. Die Dicke der ersteren schwankt zwischen 1.35—2.15 mm und die der letzteren zwischen 0.2—0.8 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der ersteren 0.25—0.35 mm und der letzteren 0.04—0.18 mm. Nach Fitting (1917, S. 110—111) ist die Wurzel von *R. acer* tetrarch; die Gefässteile stossen in der Mitte der Wurzel zusammen.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 29. VI. 1928 (3 Indiv.).

Von dem kurzen unterirdischen Stengel gehen Wurzeln radiär nach verschiedenen Seiten aus. Einige tote Wurzeln des vorigen Jahres sind noch erhalten. Es gibt zweierlei Wurzeln, solche, die einfache Wurzeln II. Ordn. besitzen, und solche, deren Wurzeln II. Ordn. noch Wurzeln III. Ordn. aufweisen. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 1.80—1.96 mm. Näher an der Spitze ist die Dicke der Wurzeln 0.43—0.48 mm. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. eines Individuums 0.4—0.5 mm. Ganz oben gehen vom unterirdischen Stengel auch einige kurze und unverzweigte Wurzeln I. Ordn. aus. Die Länge der langen, unverzweigten Wurzeln I. Ordn. beträgt höchstens 34.5—42 cm. Sie haben Wurzeln II. Ordn. besonders in ihren mittleren

Teilen und nahe an den Spitzen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 4—9 cm, Dicke 0.28 mm. Die mit einfachen Seitenwurzeln versehenen Wurzeln I. Ordn. sind 22—29 cm lang. Die Wurzeln wachsen teils fast wagerecht, teils schräg abwärts in den Torf. Grösste beobachtete Tiefe ca. 25 cm, gewöhnliche Tiefe 10—15 cm. Die Wurzeln II. Ordn. haben sehr wenig Wurzelhaare, Länge 0.13—0.18 mm. (Die Wurzeln I. Ordn. besitzen keine Haare.) Zentralzylinder der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.16—0.20 mm. Zentralzylinder 0.12 mm.

P r o b e f l. 4 8 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 29. VI. 1929 (1 Indiv.).

Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 1.40 mm, Zentralzylinder 0.18 mm, 3 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile (Hadrome), das weiteste Gefäss 40 μ. Aussenwand der Epidermis etwas verdickt, deren Zellen klein; Exodermzellen etwas grösser. In der Innenrinde 15—16 Zellschichten, Zellen rund, Interzellularräume 3- und 4-eckig. In den Rindenzellen reichlich Stärke. Endodermis verdickt, 3 Durchlasszellen vor den Gefässteilen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—4 cm, Dicke 0.25 mm. Einige Wurzeln besitzen Wurzeln III. Ordn. von 0.18 mm Dicke. An den Wurzeln II. u. III. Ordn. einige Wurzelhaare, deren Länge 0.62—0.74 mm beträgt. An den Wurzeln III. Ordn. 6—10 Haare pro 1 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. höchstens 15 %.

P r o b e f l. 1 0 8 (dünntorfige Wiese, S. 52) (2 Indiv.).

Die Wurzeln wachsen im fast wagerechter Richtung in dünnen Humus, Tiefe 5—10 cm. Einige Wurzeln sind ziemlich reichlich verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.40 –1.62 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.24 mm; 4 Gefässteile, die in der Mitte zusammenstossen und 10 -20 Gefässe enthalten. Epidermis und Exodermis dünnwandig, darunter in der Aussenrinde 2 Zellschichten ohne Interzellularräume. In der Innenrinde runde, dünnwandige Zellen, die reichlich Stärke enthalten, Interzellularräume 4-eckig. Die Wurzeln II. Ordn. besitzen weisse Wurzelhaare, deren Länge 0.12—0.18 mm beträgt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.24 mm.

Ranunculus repens L.

Literaturangaben: Nach Bary (1877, S. 370, mit Fig.) ist der Zentralzylinder tetrarch; in der Mitte ein grosses axiles Tüpfelgefäss. Endodermis verdickt. Nach Olivier (1880, S. 37) ist bei solchen *Ranunculus*-Individuen, die in mässig feuchtem Boden wachsen, der Bau der Innenrinde regelmässig, aber bei an feuchten Orten (Wiesengräben) wachsenden Individuen gibt es grosse Lufthöhlen in der Innenrinde. In der Innenrinde der Wurzeln von *R. repens* ist die Ordnung der Zellen regelmässig auch bei Individuen an feuchten Orten, nur in der Innenrinde älterer Individuen finden sich kleine Risse (petites déchirures). Nach Schwarz (1883) besitzen die Wurzeln dieser Art Haare. Nach Schlicht (1889, S. 83) gibt es Pilzhyphen in den Wurzeln. Nach Freidenfelt (1904, S. 52—53) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 1.7 mm. Die äusseren und radiären Wände der Epidermis sind braun und etwas verdickt, verkorkt, wie auch die Wände der Exodermis. Unter der Exodermis 2 (3) Zellschichten ohne Interzellularräume. Die Wände der Endodermis sind verholzt und verkorkt. In der Mitte des Hadroms ein weites Gefäss, die Wände der Gefässe sind verholzt. Nach von Alten (1909, S. 186) sind die Wurzeln dimorph (siehe die vorige Art). Die Bereicherungswurzeln sind 0.6—1.3 mm und die Ernährungswurzeln 0.27—0.30 mm dick. Durchmesser des Zentralzylinders in den Bereicherungswurzeln 0.15—0.27 mm und in den Ernährungswurzeln 0.09—0.10 mm.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 28. VI. 1928 (5 Indiv.).

Die untersuchten jungen Individuen hatten nur unverzweigte Wurzeln I. Ordn., die vom unterirdischen Stengel ausgehen und schräg abwärts in den Torf wachsen. Bei älteren Individuen gehen höher oben vom unterirdischen Stengel Wurzeln aus, die nahe an der Oberfläche wachsen und einfache Wurzeln II. Ordn. besitzen. Etwas gröbere Wurzeln gehen auch schräg abwärts in den Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. 23—35 cm; grösste beobachtete Länge 39 cm. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %. Tiefe der Wurzeln 10—20 cm. Ein Individuum besass besonders grobe, an der Basis 2.4—3.2 mm. dicke Wurzeln. Die dicksten Wurzeln haben keine Seitenwurzeln. Gewöhnlichste Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 1.85

—1.92 mm, Zentralzylinder 0.30—0.40 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16—0.22 mm, sie besitzen Wurzelhaare, deren Länge 0.32—0.48 mm beträgt, einige Haare sind sogar 0.99 mm lang. Der Zentralzylinder einer 3.0 mm dicken Wurzel war 0.40 mm im Durchmesser, 5 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile, das grösste Gefäss 35 μ. Epidermis und Exodermis ziemlich kleinzellig, darunter 4 Zellschichten ohne Interzellularräume. In der Innenrinde ziemlich grosse Interzellularräume.

P r o b e f l. 7 3 (Multbeerbruch, S. 46). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Zu oberst, an der Grenze der Bodenoberfläche, gehen einige feine und kurze Wurzeln I. Ordn. vom unterirdischen Stengel aus und wachsen fast wagerecht. Gröbere Wurzeln I. Ordn. gehen schräg abwärts nach verschiedenen Seiten. Diese Wurzeln besitzen wenig Wurzeln II. Ordn. Basaldicke der gröbsten Wurzeln I. Ordn. 2.0 mm. Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 18—22 cm, Tiefe 10—15 cm. Zentralzylinder 0.32 mm, in der Mitte 4 zusammenstossende Hadrome. Die äusseren und radiären Wände der Epidermis etwas verdickt. Die Exodermiszellen sind etwas grösser als die Epidermiszellen. In der Aussenrinde noch 2 Zellschichten. In der Innenrinde 6 Zellschichten, Zellmembran dünn, Interzellularräume 3- und 4-eckig. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.37—0.40 mm, Länge 2—8 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind reichlich mit 0.74—0.99 mm langen Wurzelhaaren besetzt; 20—30 Haare pro 1 mm.

Drosera rotundifolia L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Der Wurzelbau und die Ökologie der *Drosera*-Arten sind von Jörgensen (1878), Oels (1879), Schlicht (1889), Höveler (1892), Rosenberg (1896) und Freidenfelt (1902, 1904) untersucht worden. Nach Jörgensen (l.c. S. 139—140) »har Epidermis over en større Del af Roden udviklet talrige Rodhaar, der ere meget lange, tykvaeggede, brune og sejge; de skritte som Børster og give Roden et paafaldende Udseende. Det er klart, at den korte, tynde Rod her besidder et udmaerket Redskab til at hefte Planten til Jorden.» Nach Schlicht (1889, S. 27) sind die Wurzeln der *Drosera*-Arten frei von Verpilzung, was von der kräftigen Entwicklung der Wurzelhaare herrührt, und man könnte daher annehmen, dass sie die Humusstoffe selbständig zu verwerten und die fehlenden My-

korrhizen zu ersetzen vermögen. Auch Höveler (1892, S. 308) erwähnt, dass die Wurzeln der *Drosera*-Arten unverpilzt und mit Wurzelhaaren versehen sind. Auch nach Stahl (1900, S. 656) kann weder bei *Drosera* noch bei *Pinguicula* echte Mykorrhizabildung wahrgenommen werden. Die Zahl der Wurzeln ist zwar gering, aber sie führen zumal bei diesen Pflanzen zahlreiche lange farblose Wurzelhaare. Schlicht (l.c. S. 29), Höveler (S. 297) und Rosenberg (l.c. S. 226) haben darauf aufmerksam gemacht, dass die Haare der *Drosera*-Arten oft durch die Poren in die grossen chlorophyllosen Zellen (Leukozysten) eindringen und sich daselbst in viele Zellen teilen können. Nach Freidenfelt (1902, S. 166) sind die Wurzeln von *D. rotundifolia* ganz ohne Seitenwurzeln (wie auch einige andere Moorpflanzen, z. B. *Montia*; vgl. *Montia*, S. 222). Nach demselben Autor (1904, S. 63—64) besteht das Wurzelsystem von *D. rotundifolia* aus einigen einfachen, aber ziemlich langen, braunen Wurzeln, deren zahlreiche lange Wurzelhaare Aufmerksamkeit erregen. Die Wände der Endodermis sind immer unverdickt. Nur Jörgensen (1878, S. 139) macht geltend, dass man bei einigen Individuen die Hauptwurzel von den umgebenden Adventivwurzeln unterscheiden könne. Bei anderen Individuen sind alle Wurzeln einander gleich, so dass man die Hauptwurzel nicht unterscheiden kann. »Barken er brun, bestaar af c. 7 Lag noget tykvaeggede Celler, der ere afrundede, parenkymatiske og have Intercellulaer-Rum helt ud til Epidermis. Xylemgrupperne ere svage, de bestaa af Tracheider og enkelte prikkede Kar. Af Sigrupperne er der kun Spor. Marven er vel udviklet.» Nach Kotilainen (1927, S. 73) sind die Wurzeln der *Drosera*-Arten ausserordentlich kurz und einfach.

P r o b e f l. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 14. VI. 1927 (3 Indiv.).

Die Adventivwurzeln, deren jedes Individuum nur 4—6 St. besitzt, verlaufen ganz im oberen Teile des Mooses. Länge der Wurzeln 2—3 cm, Tiefe 1—3 cm. Alle Wurzeln sind unverzweigt. Dicke der Wurzeln 0.18 mm. Die Wurzeln sind ungemein reichlich mit braungelben Wurzelhaaren versehen, Länge der Haare 0.96 -1.60 mm, Dicke 0.01 mm.

P r o b e f l. 3 1 (*Sphagnum papillosum*-Weissmoor, S. 37). 6. VII. 1928 (4 Indiv.).

Die kurze, 1—2 cm lange Hauptwurzel ist deutlich zu unterscheiden. Vom Wurzelhals gehen 5—7 unverzweigte, buchtige Adventiv-

wurzeln aus, deren Länge 1—3 cm beträgt, Basaldicke 0.25 mm, Spitzendicke 0.10 mm. Gelbe Wurzelhaare kommen reichlich vor, Länge 1.6—1.8 mm. Tiefe der Wurzeln 2—5 cm.

P r o b e f l. 4 7 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 3. VII. 1928 (3 Indiv.).

Länge der Wurzeln 2—2.5 cm, Basaldicke 0.4 mm, Spitzendicke 0.16 mm. Die Wurzeln sind braun oder fast schwarz, sie gehen fast wagerecht im Torfe hin, Tiefe 1—2 cm. Ein Individuum hatte 4 Adventivwurzeln, von denen eine drei Wurzeln II. Ordn. aufwies. Gelbbraune und braune Wurzelhaare reichlich,Länge 0.8—1.2 mm. Die Haare sind in die *Sphagnum*-Blätter eingewachsen. (Fig. 58,2).

P r o b e f l. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 12. VI. 1929 u. 6.VIII. 1930 (4 u. 2 Indiv.).

Länge der Adventivwurzeln 3—4 cm, sie wachsen nach verschiedenen Seiten in das lebende *Sphagnum fuscum*; Tiefe 2—4 cm. Hauptwurzel undeutlich. Die Wurzeln sind fast schwarz. Wurzelhaare besonders dicht, Länge 0.74—1.12 mm. In der Rinde der Wurzeln 3—6 Zellschichten, die Interzellularräume anfangs klein; in den älteren Wurzeln radiäre Interzellularräume. Endodermis dünnwandig.

P r o b e f l. 1 2 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte, S. 32). 13. u. 23. VIII. 1929 (zus. 6 Indiv.).

Beim Höhenwachstum des *Sphagnums* wächst auch der unterirdische Stengel von *Drosera* aufwärts, so dass verwelkte Blattreste am alten unterirdischen Stengel sitzen. Die Hauptwurzel ist bei den meisten Individuen deutlich. An den Blattresten und Wurzelbüscheln kann man das Alter der Pflanze bestimmen. Die ältesten Individuen sind 4—5 Jahre alt. Länge der Hauptwurzel 4—6 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind unverzweigt, Länge 1—5 cm, Basaldicke 0.32—0.35 mm, Spitzendicke 0.12—0.22 mm. Sehr dicht stehende Wurzelhaare, ugf. 100—200 pro 1 mm. Haare grünlich, 1.6—2.2 mm lang. Die haarlose Spitze der Wurzeln 0.12 mm. Die älteren Individuen besitzen 10—13 Adventivwurzeln. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. (Fig. 58,1).

Z u s a m m e n f a s s u n g: Von dem kurzen unterirdischen Stengel geht des öfteren ein Büschel (je 4—7 St., bei einigen Indiv. je 10—13 St.) fast stets unverzweigter Adventivwurzeln aus, Länge 1—5 cm, Basaldicke 0.25—0.40 mm, Spitzendicke 0.10—0.22 mm,

mittlere Dicke 0.18 mm. Im schnell wachsenden *Sphagnum* (*S. fuscum*, Probefl. 12 und *S. papillosum*-Weissmoor, Probefl. 31) tritt eine deutliche Hauptwurzel als Fortsetzung des unterirdischen Stengels her-

Fig. 58. *Drosera rotundifolia.* 1) Probefl. 12 (*Sphagnum fuscum*-Bülte). 56. VIII. 1929; 2) Probefl. 47. 3. VII. 1928.

vor; die Länge der Hauptwurzel beträgt 1—6 cm. Die Wurzeln sind braun, oft beinahe schwarz. Die Wurzeln sind ungemein reichlich mit gelben, gelbbraunen, braunen oder grünlichen, 0.74—2.2 mm langen Haaren versehen (gewöhnlichste Länge 1.6—1.8 mm). Die Haare sind oft mit den *Sphagnum*-Blättern verwachsen, wie auch Rosenberg (1896, S. 226) hervorhebt. Wurzelhaare 100—200 St. pro 1 mm.

Drosera longifolia L.

Literaturangaben: Siehe die vorige Art.

Probefl. 30 (*Sphagnum papillosum-Carex pauciflora*-Weissmoor, S. 36). 6. VII. 1929 (5 Indiv.).

Von dem kurzen unterirdischen Stengel steigt der vorjährige verfaulte Spross empor, und an dessen Basis sieht man die Reste der

Fig. 59. *Drosera longifolia*. Probefl. 30. 15. VII. 1928.

alten Blätter. Die Wurzeln — 4-7 St. je Individuum — wachsen nach verschiedenen Seiten in das *Sphagnum* hinein. Die Wurzeln sind unverzweigt, Länge 2.3—4 cm, Basaldicke 0.36 –0.56 mm, Dicke an der Spitze 0.20 mm. Tiefe der Wurzeln unter der Oberfläche des Torfes 2—3 cm. Die jüngsten Wurzeln sind schön grünlichgelblich, die älteren Wurzeln braun. Die Spitze der jüngsten Wurzeln ist rot, deren Dicke 0.30—0.40 mm. Wurzelhaare besonders reichlich, Länge 1.4—2.0 mm, Durchmesser 0.01 mm, Farbe gelb. Die Haare sind mit den *Sphagnum*-Blättern verwachsen. (Fig. 59).

P r o b e f l. 5 6 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928 (4 Indiv.).

Stengelbasis im lebenden Moose. Die Wurzeln wachsen nach verschiedenen Seiten in das Moos, sie sind 2—4 cm lang, an der Basis 0.5—0.6 mm, an der Spitze 0.35—0.40 mm und in der Mitte ca. 0.45 mm dick. Tiefe der Wurzeln 1—3 cm. Gelbbraune Wurzelhaare sehr reichlich, Länge im allgemeinen 0.8 mm, höchstens 1.6—2.0 mm.

Die Wurzeln von *D. longifolia* sind also dicker als die von *D. rotundifolia*. Bei *D. longifolia* habe ich keine Hauptwurzel angetroffen. Wurzelhaare kommen ebenso reichlich wie bei *D. rotundifolia* vor.

Parnassia palustris L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Thouvenin (1890, S. 51) ist der Zentralzylinder der Wurzeln von *Parnassia palustris* pentarch. Nach Freidenfelt (1904, S. 60) ist der Zentralzylinder teilweise tetrarch, teilweise triarch, in der Mitte finden sich 10—20 Gefässe. Nach Höveler (1892, S. 308) sind die Wurzeln unverpilzt und mit Wurzelhaaren versehen. Nach Rosenberg (1896) ist die Epidermis der Wurzel von zwei ganz verschiedenen Zellarten gebildet, nämlich von langen und prismatischen Zellen, deren Inhalt wasserklar ist, und von kleinen kubischen Zellen, die Stärkekörner enthalten. Die Wände der Exodermis sind verkorkt. In der Innenrinde 5—7 Zellschichten, zwischen ihnen kleine Interzellularräume. In den Zellen der Innenrinde finden sich Pilzhyphen vor. Auch nach Stahl (1900, S. 552) weist diese Art eine innere Verpilzung der Wurzeln auf. Nach Freidenfelt (1904, S. 59—60) ist das Wurzelsystem von verhältnismässig langen, dunkelfarbigen Adventivwurzeln gebildet. Die Entstehung der Seitenwurzeln hängt mehr oder weniger vom Standort ab, und die Seitenwurzeln sind daher entweder feiner oder gröber, verzweigt oder unverzweigt. Moorindividuen besitzen nur Wurzeln II. Ordn. und auch deren nur spärlich, während Individuen auf trockenen Stellen auch reichlich feine Wurzeln III. Ordn. aufweisen. Durchmesser der Wurzeln II. Ordn. 0.23 mm.

P r o b e f l. 5 1 (Braunmoor-Bülte, S. 41). 13. VIII. 1927 u. 26. VII. 1928 (5 u. 2 Indiv.).

Das R h i z o m, 3—4 cm lang, steigt schräg aufwärts im oberen Torfe. Das Rhizom der meisten Individuen ist 4 Jahre

alt, Dicke 1—3 mm. Am Rhizom sieht man Reste alter Blattgründe. Die in verschiedenen Jahren entstandenen Wurzeln gehen von den angeschwollenen Knoten büschelig aus. Die ältesten Wurzeln (1924) sind schwarz und verwelkt, desgleichen die Wurzeln des folgenden Jahres. Länge der ältesten toten Wurzeln 1—3 cm, Länge der in den Jahren 1926 und 1927 entstandenen Wurzeln 2—6 cm; die älteren sind gelbbraun, die jüngeren fast weiss. Die Wurzeln erstrecken sich allseitig im Moose. Dicke der jungen Wurzeln an der Basis 0.56 mm, in der Mitte 0.44 mm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 8—19 cm, die meisten nur 2—5 cm lang. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. Einige Wurzeln besitzen kurze Wurzeln II. Ordn., Länge 8—11 mm, Dicke 0.20—0.25 mm, Zentralzylinder 0.04 mm. Einige Wurzeln wachsen aufwärts in das Moos. Zentralzylinder einer 0.44 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.09—1.10 mm im Durchmesser, in der Mitte 10—11 Gefässe (14—17 μ). In der Wurzelrinde 3—4 Schichten ziemlich grosser Zellen, keine Interzellularräume. Die Wurzeln II. Ordn. haben keine Wurzelhaare, aber wohl Pilzhyphen. Eine Wurzel II. Ordn. hatte eine 0.16 mm dicke Wurzel III. Ordn.

Probefl. 47 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 3. VII. u. 9. VIII. 1928 (3 u. 1 Indiv.).

Das Rhizom 3—6 cm lang, steigt aufwärts im Moose, der Basalteil liegt 4—7 cm tief im Torfe. Die Rhizome sind 3—4 Jahre alt, Länge der Jahrestriebe 1—2 cm, der älteste Teil schwarz. Einige Rhizome teilen sich in zwei Zweige. Die Wurzeln verlaufen im Moose, die längsten reichen bis in den Torf, Tiefe 5—12 cm. Die ältesten Wurzeln sind schwarz, abgestorben. Dicke der jungen Wurzeln an der Basis 0.6 mm, an der Spitze 0.36 mm. Die im vorigen Jahre entstandenen Wurzeln besitzen einige 0.20—0.24 mm dicke Wurzeln II. Ordn. Maximale Länge der jungen Wurzeln I. Ordn. bei vier verschiedenen Individuum bzw. 6—8, 5—9, 7—11.5 und 10—15 cm. (Fig. 60).

Probefl. 62 (braunmoorartige Moorwiese, S. 43). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom steigt vom oberen Teile des Torfes aufwärts in das Moos; Länge ca. 2 cm, Dicke 2—4 mm. Die alten Wurzeln schwarz, die jungen fast weiss; Länge meistens 5—7 cm, die längsten 15—17 cm, Tiefe 5—15 cm. Die meisten Wurzeln sind unverzweigt,

die älteren haben einige 2—3 cm lange Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.36—0.60 mm, mittlere Dicke 0.40 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.24 mm. Keine Wurzelhaare.

P r o b e f l. 3 9 (Moorwiese, S. 38). 23. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das R h i z o m kurz, 4—6 mm dick. Basaldicke der dickesten W u r z e l n I. Ordn. 1.0 mm. Zentralzylinder 0.20—0.25 mm. Ei-

Fig. 60. *Parnassia palustris.* Probefl. 47. 9. VIII. 1928.

Fig. 61. *Parnassia palustris.* Wurzel I. Ordn.

nige Wurzeln sind mit Wurzeln II. Ordn. versehen, deren Dicke 0.28—0.37 mm beträgt, sie besitzen auch Wurzeln III. Ordn., Dicke 0.3 mm.

P r o b e f l. 9 1 (Bruchmoor, S. 49). 1. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Von dem dicken Rhizom, das ganz im oberen Teile des Torfes liegt, gehen Wurzeln schräg abwärts 5—10 cm tief in den Torf. Länge der Wurzeln I. Ordn. 6—11 cm, Dicke 0.56—0.62 mm. Die Wurzeln sind sehr reichlich verzweigt. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.25 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der dicksten Wurzeln I. Ordn. 0.15—0.18 mm.

P r o b e f l. 8 3 (Serpentinfelsen, S. 48). 19. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m kurz und dick, beinahe wagerecht in der dünnen Humusschicht einer kleinen Vertiefung im Felsen; Dicke 1.8—2.0 mm. Aussenrinde gelbbraun. In der Innenrinde runde Zellen, zwi-

schen ihnen stellenweise kleine 3- und 4-eckige Interzellularräume, oder aber diese fehlen vollständig. Die Zellen führen Stärke. Die Wurzeln I. Ordn. sind kurz, 2—4 cm lang, Tiefe 1—3 cm, Dicke 0.56 mm; Zentralzylinder 0.06—0.09 mm, 3 oder 4 in der Mitte zusammenstossende Hadromteile, in denen man insgesamt 10—16 Gefässe vorfindet. Epidermiszellen platt, unten eine zweischichtige Exodermis. Die Zellen der Innenrinde enthalten Stärke. Endodermis kleinzellig, dünnwandig. Nur die Gefässwände sind verholzt. An den Wurzeln II. Ordn. einige feine Wurzeln III. Ordn.

Zusammenfassung: Das Rhizom 2—6 cm lang, 1—6 mm dick; bei Moorindividuen steigt es oft an der Grenze zwischen dem Moose und dem Torf aufwärts. Alter des Rhizoms 3—4 Jahre. Das Rhizom kann sich in zwei Zweige teilen. Aussenrinde des Rhizoms gelbbraun oder braun. In der Innenrinde runde Zellen, Interzellularräume klein, 3- und 4-eckig, die Zellen enthalten Stärke. Bei Individuen trockener Standorte, in dünner Humusschicht auf Felsen (Probefl. 83, S. 48), ist das Rhizom kurz und wagerecht. Die Wurzeln gehen oft bündelweise von den etwas angeschwollenen Knoten des Rhizoms (4—6 St. von jedem) aus. Die meisten Wurzeln sind unverzweigt, einige besitzen spärlich Wurzeln II. Ordn. Länge der Wurzeln I. Ordn. 2—19 cm; im lockeren Torf findet man die längsten Wurzeln (Probefl. 51). Dicke der Wurzeln I. Ordn. an der Spitze 0.36 mm, in der Mitte 0.40—0.44 mm, an der Basis 0.56—0.62 mm. (Die gröbste beobachtete Wurzel I. Ordn. 1 mm.) Die Wurzeln leben 2—3 Jahre. Die jungen Wurzeln sind fast weiss, die älteren gelbbraun, die ältesten schwarz. In der Innenrinde der Wurzeln keine Interzellularräume. (Fig. 61). Durchmesser des Zentralzylinder einer 0.44 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.09—0.10 mm, einer 1.0 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.20—0.25 mm. Im Zentralzylinder 3 oder 4 in der Mitte zusammenstossende Hadrome (wie auch Freidenfelt beobachtet hat) mit 10—16 Gefässen, deren Durchmesser 14—17 μ beträgt. (Nach Thouvenin ist der Zentralzylinder pentarch.) Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—11 mm, Dicke 0.20—0.25 mm (auf der Probefl. 39 ist die Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.28—0.37 mm und die der Wurzeln III. Ordn. 0.30 mm). Nach Freidenfelt ist die Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.23 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln II. Ordn. 0.04 mm. Wurzeln III. Ordn. gibt es sehr spärlich, des öfteren gar nicht, Dicke gewöhnlich 0.16 mm. Wurzel-

haare habe ich nicht angetroffen, Höveler (1892, S. 308) sagt dagegen, dass es solche gibt und dass die Pilzhyphen fehlen. Pilzhyphen habe ich oft in den Wurzeln II. Ordn. angetroffen; Rosenberg und Stahl haben auch Pilzhyphen beobachtet. Tiefe der Wurzeln auf Torfboden 5—15 cm (meistens 5—10 cm), auf dem Felsen nur 1—3 cm.

Ulmaria pentapetala Gil.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 30. VI. 1928 (3 Indiv.).

Das R h i z o m in fast senkrechter Richtung, der älteste Teil 10—15 cm tief im Torfe. Der tiefststehende unverzweigte Rhizomteil eines Individuums ist 11 cm lang, sein Basalteil schwarz und morsch. Im oberen Teil gabelt sich das Rhizom in mehrere Zweige, die aufwärts wachsen und oberirdische Sprosse entsenden. Das W u r z e l s y s t e m ist ungemein dicht, von vielen reichlich verzweigten und langen Wurzeln gebildet. Die von dem untersten Teile des Rhizoms ausgehenden Wurzeln sind meistens abgebrochen und abgestorben, näher an der Basis entspringen ca. 25 cm lange Wurzeln I. Ordn., von denen die älteren rötlich braun und die jüngeren fast weiss sind; diese Wurzeln gehen schräg oder gerade abwärts in den Torf. Die obersten aus den Rhizomzweigen hervortretenden Wurzeln sind unverzweigt und kürzer, ca. 4—8 cm, einige jedoch über 20 cm lang. Die unteren vom Rhizom ausgehenden Wurzeln I. Ordn. sind dünner als die oberen, jüngeren Wurzeln. Dicke der älteren Wurzeln I. Ordn. 1.28—1.40 mm, der jüngeren 1.60—1.72 mm. Zentralzylinder im Durchschnitt elliptisch, Durchmesser 0.25—0.52 mm. Im Zentralzylinder 5 oder 6 radiäre Hadromteile. Die grössten Gefässe zu innerst, Durchmesser 30—35 μ. In der Innenrinde 15—22 Schichten runder Zellen, Interzellularräume ebenso gross wie die Zellen, in älteren Wurzeln grösser. Endodermis kleinzellig, dünnwandig. Die Wurzeln I. Ordn. sind an ihrer Basis am reichlichsten verzweigt, so dass diese Pflanze die zahlreichsten Wurzeln in einer Tiefe von 5—10 cm aufweist. Länge der Wurzeln II. Ordn. 9—16 cm. Dicke der oberen Wurzeln II. Ordn. 0.25 mm, Basaldicke der tiefer gelegenen Wurzeln II. Ordn. 0.50—0.56 mm. Durchmesser des Zentralzylinders einer 0.25 mm dicken Wurzel II. Ordn. 0.15

mm, einer 0.56 mm dicken Wurzel 0.40 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—6 cm. Die feinsten Wurzeln III. Ordn. 0.13 mm dick. Wurzelhaare kommen nicht vor. Höchste beobachtete Tiefe der Wurzeln

Fig. 62. *Ulmaria pentapetala*. Ein Teil des Wurzelsystems. Probefl. 28. 30. VI. 1928.

15—20 cm, die meisten so tief gelegenen Wurzeln sind jedoch abgestorben. (Fig. 62).

P r o b e f l. 1 0 0 (Rasenplatz, S. 51). 25. VII. 1928 (1 Indiv.).

Das Rhizom dick und reichlich verzweigt. Die Zweige steigen aufwärts. Sehr dichtes Wurzelsystem, die Wurzeln lang und reichlich in Wurzeln II. und III. Ordn. verzweigt. Die Wurzeln verbreiten sich im dünnen Torf und auch in dem darunterliegenden Humus.

Rubus arcticus L.

P r o b e f l. 1 3 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 16. VI. 1928 (2 Indiv.).

Die Hauptwurzel ist verschwunden, und von der Basis des oberirdischen Sprosses geht eine in der Nähe der Torfoberfläche hinkriechende wagerechte, verzweigte Wurzel aus, deren Dicke 0.86—0.90 mm beträgt. Bei einem der untersuchten Individuen war eine solche »Rhizomwurzel» 36 cm, bei einem anderen 53 cm lang; Tiefe 5—10 cm. Von der Basis der aufwärtssteigenden Sprosse gehen verzweigte Wurzeln in den Torf aus, der auf den Wuchsflächen der Pflanzen 0.1 m dick war. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.40 mm, der Wurzeln III. und IV. Ordn. 0.25—0.27 mm.

P r o b e f l. 6 9 (Multbeerbruch, S. 45). 23. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Die W u r z e l n, die von der Basis der aufwärtssteigenden Sprosse ausgehen, kriechen im Po-Torf in fast wagerechter Richtung ca. 15—20 cm tief. Die aufwärtssteigenden Stengel verzweigen sich und entwickeln sich zu grünen Assimilationssprossen und blühenden Sprossen. Sowohl von den senkrechten Stengeln als der wagerechten »Rhizomwurzel» gehen verzweigte Wurzeln aus, die in den Torf dringen. Grösste beobachtete Tiefe 20—25 cm. Dicke dieser Wurzeln 0.18—0.28 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Die Wurzelzweige sind anfangs weiss, später werden sie dunkel. Die Wurzeln enthalten Pilzhyphen. Es gibt auch einige Wurzeln IV. Ordn. (Fig. 63).

P r o b e f l. 1 0 3 (Birkenstubbe, Braunmoor, S. 52). 15. VI. 1929 (1 Indiv.).

Von der im Torfe hinkriechenden wagerechten Rhizomwurzel, die sich dem Stammteil einer verfaulten Birkenstubbe anschmiegt, steigt ein Spross an der Stubbe 15 cm hinauf und gabelt sich in viele blättertragende und blühende Zweige. Sowohl von der wagerechten Wurzel als dem oberen Sprosse gehen Wurzeln nach verschiedenen Seiten in den Torf aus. Tiefe der Wurzeln 10—20 cm. Besonders die am höchsten liegenden Wurzeln sind reichlich in Wurzeln III., IV. und V. Ordn. verzweigt. Die Wurzeln sind braun. Die längsten Wurzeln II. Ordn. sind ca. 10 cm lang und 0.25 mm dick; Zentralzylinder 0.18 mm. Dicke der »Rhizomwurzel» 0.87—1.0 mm.

P r o b e f l. 1 1 (Reisermoorbülte, S. 32). 23. VI. 1929 (2 Indiv.).

Die W u r z e l kriecht wagerecht an der Grenze zwischen dem lebenden Moose und dem Torf; Länge 20—30 cm, Dicke 0.9—1.0 mm.

Fig. 63. *Rubus arcticus*. Ein Teil des Wurzelsystems. Probefl. 69. *Polytrichum*-Bülte. 23. VIII. 1928.

Tiefe ca. 10 cm. Aus den Knospen dieser wagerechten Wurzel entwickeln sich Sprosse, die aufwärts wachsen und in oberirdische verzweigte Sprossen endigen. Seitenwurzeln gibt es ziemlich wenig. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.31 mm, Zentralzylinder 0.15 mm, 6 (?) Hadrome.

P r o b e f l. 6 9 (Multbeerbruch, S. 45). 16. VIII. 1929 (4 Indiv.). Der Torf auf der Wuchsfläche dünner als am 23. VIII. 1928, Q 4 m².

Die Hauptwurzel ist bei einigen Individuen noch teilweise erhalten. Dem Wurzelhals entspringen wagerecht in den Torf verlaufende, sehr reichlich sich verzweigende Adventivwurzeln (2—3 St.), deren Länge höchstens 39—45 cm war. Dicke der Stengelbasis und deren oberer oberirdischer Zweige ca. 1.0 mm. Die Wurzeln sind braun, nur die Spitzen der jüngsten, feinsten Wurzeln sind weiss. Die Wurzeln verlaufen nahe an der Oberfläche, Tiefe 5—15 cm. Die längsten Wurzelzweige 23—26 cm lang, gewöhnliche Länge 10 -20 cm. Basaldicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.28 mm. Wurzelhaare kommen nicht vor. In den feinsten Wurzeln reichlich Mykorrhiza.

Probefl. 108 (dünntorfige Wiese, S. 52). 24. VIII. 1928 (1 Indiv.).

Die von der Basis des oberirdischen Sprosses ausgehende rhizomähnliche, lange und dicke »Rhizomwurzel» kriecht ganz nahe an der Oberfläche, ca. 2 cm tief. Von dieser Wurzel gehen feinere, ziemlich reichlich verzweigte Seitenwurzeln wagerecht und schräg abwärts aus. Tiefe 2—6 cm. Die Dicke der Rhizomwurzel oder Wurzel I. Ordn. beträgt 0.20 0.23 mm, die der Wurzeln III. und IV. Ordn. 0.16 – 0.18 mm. Wurzeln IV. Ordn. gibt es wenig.

Probefl. 100 (Rasenplatz, S. 51). 1. VII. u. 15. VII. 1929 (3 Indiv.).

Die wagerechte Wurzel wächst kriechend nahe an der Oberfläche, ca. 2 –3 cm tief, Dicke 1.12—1.40 mm. Länge der Wurzel 15—20 cm. MaximaleDicke der Wurzeln II. Ordn. 0.43 mm, Zentralzylinder 0.22 mm. Die Wurzeln sind sehr reichlich und korallenähnlich verzweigt und besitzen Pilzhyphen. Die meisten Wurzeln gehen der Oberfläche parallel.

Zusammenfassung: Die Hauptwurzel ist bei den meisten älteren Individuen verschwunden (auf der Probefl. 69 war sie jedoch bei einigen Individuen erhalten); von dem unterirdischen Stengel oder dem Hauptwurzelhalse gehen wagerecht in den Torf wachsende, reichlich verzweigte rhizomähnliche Adventivwurzeln aus, deren Länge sehr beträchtlich sein kann; die beobachtete maximale Länge war 53 cm. Die Dicke dieser »Rhizomwurzel» oder Wurzel I. Ordn. beträgt 0.86—1.40 mm (gewöhnliche Dicke 0.9 mm). Auf dünntorfigen Standorten (Probefl. 100 u. 108) liegen die Rhizomwurzeln nahe der Oberfläche, 2—3 cm tief; auf dicktorfigen Standorten (Probefl. 11 u. 69) ist die Tiefe 10—20 cm. An den rhizomähnlichen Wurzeln

entstehen Adventivknospen, aus denen sich oberirdische Sprosse entwickeln können. Die Wurzeln sind braun, nur die Spitzen der jüngsten Wurzeln sind weiss. Die Wurzeln sind in Wurzeln II.—V. Ordn. verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 10—26 cm, Dicke 0.20—0.43 mm, Zentralzylinder 0.25 mm. Dicke der Wurzeln III.—V. Ordn. 0.16—0.28 mm, Zentralzylinder der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Die Wurzeln gehen im allgemeinen nicht tief, sie sind oft wagerecht, Tiefe 10—20 cm, maximale Tiefe 25 cm. In den feinsten Wurzeln gibt es reichlich Pilzhyphen, Wurzelhaare fehlen.

Rubus chamaemorus L.

P r o b e f l. 8 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 48). 27. VI. 1928 (4 Indiv.).

Das ca. 2 mm dicke R h i z o m kriecht an der Grenze zwischen dem Moose und dem Torf, 5—10 cm tief. Rhizomlänge eines hervorpräparierten Individuums 3.1 m, bei drei Individuen über 4 m, bei einem von ihnen 4.4 m. Länge der Internodien des oberirdischen Stengels 50—60 cm. Von dem Rhizom gehen stellenweise eine, stellenweise mehrere W u r z e l n bündelweise aus, die sich gerade abwärts in den Torf erstrecken. Länge der Wurzeln I. Ordn. 55—60 cm, Dicke 0.8—1.1 mm. Von den Wurzeln dringen die längsten bis zur Grenze zwischen dem Torf und dem mit Sand gemischten Lehm, in eine Tiefe von ca. 50 cm. Epidermis der Wurzeln I. Ordn. dünnwandig, unten eine dünnwandige Exodermis. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Wurzeln II. Ordn. gibt es wenig, sie liegen ugf. 1—2 cm weit voneinander. Oft findet man einige Wurzeln III. Ordn. mit vereinzelten Wurzeln IV. Ordn. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. schwankt zwischen 1—8 cm, Dicke 0.28—0.32 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—2 cm, Dicke 0.20—0.24 mm. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.4—0.48 mm im Durchmesser. Wurzelhaare fehlen. In den feinsten Wurzeln kommen ziemlich selten Pilzhyphen vor.

P r o b e f l. 6 9 (Multbeerbruch, S. 45). 23. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Das lange braune R h i z o m kriecht in der Bülte und gabelt sich in viele Zweige. Vom Rhizom steigen mehrere oberirdische Sprosse aufwärts. Das längste hervorgegrabene Rhizom war 2.15 m lang,

Rhizomdicke 1.8—2.4 mm. Rhizomzweige wachsen seitwärts und entsenden oberirdische Sprosse nach oben. Eine Pflanze kann sich also über ein ziemlich weites Areal ausbreiten. Alter des Rhizoms 8—10 Jahre. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 30—40 cm lang, Dicke 1.1—1.12 mm, Tiefe 30—50 cm. Zentralzylinder 0.48 mm. Die Wurzeln verzweigen sich im Torfe verhältnismässig reichlich. Die Seitenwurzeln verschiedener Ordn. sind fast gleich dick. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.33—0.36 mm, der III.—V. Ordn. 0.24—0.28 mm.

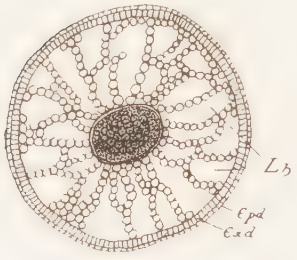


Fig. 64.
Rubus chamaemorus.
Wurzel I. Ordn.

Probefl. 93 (Reisermoorbülte, S. 50). 1. VII. 1929 (1 Indiv.).

Das Rhizom kriecht in fast wagerechter Richtung im Torfe, nahe der Oberfläche. Dicke des Rhizoms 1.8 mm, es verzweigt sich wie auf der vorigen Probefl. Die Wurzeln I. Ordn. sind 1.1 mm, die II. Ordn. 0.30—0.36 mm, die III.—IV. Ordn. 0.22—0.26 mm lang. Die Wurzeln stossen 50—60 cm tief und reichen nicht bis unter den S-Torf.

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 27. VII. 1929 (Profil).

Die Tiefe der Wurzeln beträgt 15—20 cm.

Geum rivale L.

Probefl. 41 (braunmoorartige Moorwiese, S. 38). 14. VII. 1928 (4 Indiv.).

Das dunkelviolette, ca. 7—8 mm dicke Rhizom liegt fast wagerecht im oberen Teile des Torfes. Der vordere Teil des Rhizoms steigt in dem Moos schräg aufwärts und entsendet oberirdische Sprosse. Länge des Rhizoms 12—16 cm. Vom Rhizom gehen Wurzeln I. Ordn. nach beiden Seiten aus, Dicke 1.0—1.5 mm, Länge 14—20 cm, Tiefe 5—10 cm. Die Basalteile der Wurzeln besitzen sehr wenige oder gar keine Seitenwurzeln, die Endteile dagegen ziemlich reichlich Wurzeln II. Ordn., die noch mit Wurzeln III. Ordn. versehen sind. Die von den ältesten Teilen des Rhizoms ausgehenden Wurzeln sind oft ab gestorben oder ihre Spitzen sind abgebrochen.

Comarum palustre L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 309) ist *C. palustre* mit Wurzelhaaren versehen. Nach Stahl (1900, S. 552) kann man innere Verpilzung der Wurzeln unter anderen bei *C. palustre* beobachten. Nach Freidenfelt (1904, S. 55—56) sind die Epidermiszellen der Wurzeln klein, plattgedrückt und ihre Wände etwas verdickt. Wurzelhaare fehlen. An den feinsten Saugwurzeln findet man eine 3-zellschichtige, in den gröberen eine 4—6-zellschichtige Rinde. Die Rinde enthält Pilzhyphen. Die beiden äusseren Rindenschichten schliessen sich ohne Interzellularräume aneinander. Die Wände der Endodermis der Saugwurzeln sind schwach verdickt. Das Pericambium ist zweischichtig und die Zellhaut der inneren Schicht verdickt, braun. Nach Kotilainen (1927, S. 158) können von den Kräutern nur diejenigen, z. B. *Menyanthes*, *Comarum* usw., die einen unterirdischen Stengel haben, tiefer in sauerstoffarmes Grundwasser eindringen.

Probefl. 22 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 13. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Der unterirdische Stengel beider untersuchten Individuen war über 1 m, der des einen 1.38 m lang, Dicke 3.5—4 mm. Im Rhizom des einen Individuums 51 Internodien, aus denen Wurzelbüschel entspringen. Länge des unverzweigten Rhizomteiles 115 cm; dieser gabelt sich dann in zwei Zweige, von denen der eine 22, der andere 17 cm lang ist. Die reichlich verzweigten Wurzeln gehen bündelweise aus und erstrecken sich radiär nach verschiedenen Seiten ins Wasser, einige in den dyigen Boden; Tiefe 30—50 cm. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 0.60 mm, Länge 10—14 cm. Die Wurzeln II. Ordn. 0.25 mm dick. Wurzelhaare fehlen vollständig.

Probefl. 47 (Braunmoor, S. 40). 3. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das schwarze Rhizom wächst fast wagerecht im oberen Teile des A-C-Torfes. Länge 30—50 cm, die ältesten Teile des Rhizoms sind abgestorben. Das Rhizom besitzt einige Zweige. Die meisten Wurzeln gehen wagerecht und wachsen nahe an der Oberfläche, Tiefe 0—10 cm. Die Wurzeln gehen nicht einzeln, sondern bündelweise vom Rhizom aus. Die Wurzeln sind schwarz. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.52—0.56 mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.14 -0.16 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—3 cm, sie besitzen nur einige Wur-

zeln III. Ordn. Wurzelhaare fehlen. Stellenweise finden sich Pilzhyphen vor.

Probefl. 50 (Braunmoorbülte, S. 41). 9. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom steigt vom A-C-Torfe kriechend aufwärts in den Po-Torf und in das lebende Moos. Das Rhizom gabelt sich imA-C-Torf in einige wagerecht verlaufende Zweige. Der im A-C-Torfe liegende Teil des Rhizoms weist am reichlichsten Wurzeln auf. Tiefer im Torfe sind die Wurzeln schwarz. Die Wurzeltiefe schwankt zwischen 5—35 cm. Höher, im lebenden Moose sind die Wurzeln hellbraun, sie besitzen reichlich Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.48—0.52 mm. Zentralzylinder 5-eckig, Durchmesser 0.37—0.40 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16—0.30 mm. Wurzelhaare fehlen. Pilzhyphen stellenweise in der Rinde der Wurzeln I. u. II. Ordn.

Probefl. 24 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 23. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die über 1 m langen Rhizome wachsen in wagerechter Richtung im oberen Teile des Torfes; der vordere Teil mit den assimilierenden und blühenden Sprossen steigt bogig von der Moosoberfläche aufwärts. Vom Rhizom gehen Wurzelbüschel in das *Sphagnum*, ins Wasser und in den Torf aus. Die Länge der Internodien schwankt zwischen 2—10 cm. Viele von den obersten Wurzeln wachsen aufwärts in das Moos. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. ist meistens 10—20 cm, die längste beobachtete Wurzel war 32 cm lang. Die längsten Wurzeln wachsen im Moose. Tiefe der Wurzeln 5—15 cm. Die Wurzeln sind hellbraun. Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.52—0.56 mm, einige sind jedoch 0.8—0.9 mm dick. Die Wurzeln besitzen sehr reichlich Wurzeln II. Ordn., deren Länge 1—2 cm beträgt. Wurzeln III. Ordn. gibt es dagegen sehr wenig. Die dicksten Wurzeln II. Ordn. (0.28 mm) sind die der jungen Wurzeln, sonstige Dicke 0.12—0.16 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.12—0.14 mm. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.18 mm.

Probefl. 35 (Überwachsungsmoor, S. 37). 26. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Rhizomlänge 65—100 cm. Das Rhizom liegt im *Sphagnum*, die Wurzeln im Moose und im Wasser. Länge der Wurzeln I. Ordn. 15—20 cm, Dicke 0.52—0.56 mm, Tiefe 20—30 cm. Die Wurzeln wach-

sen sehr dicht und sind reichlich in Wurzeln II. Ordn. verzweigt, auch einige III. Ordn. kommen vor, Länge der letzteren 1.0—2.2 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm. Die Wurzeln I. Ordn. sind braun, die II. u. III. Ordn. grünlich. Die Wurzeln I. Ordn. gehen bündelweise vom Rhizom aus.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 29. VII. 1929 (1 Indiv.).

Das schwarze Rhizom schlängelt sich 10—20 cm tief im C-S-Torfe. Die tiefstliegenden, an den ältesten Teilen des Rhizoms entspringenden Wurzeln sind schwarz, viele von ihnen abgestorben, kurz; die oberen, im lebenden Moos wachsenden Wurzeln sind 10—20 cm lang, hellbraun. Die feinsten Wurzeln sind 0.09—0.10 mm dick. Tiefe der Wurzeln 20 –25 cm.

P r o b e f l. 5 1 (Braunmoor, S. 41). 22. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Das R h i z o m liegt fast wagerecht in einer Tiefe von 3—5 cm; Dicke 3—3.2 mm. In der Mitte des Rhizoms finden sich Markzellen. Alle Wurzeln wachsen im Oberflächentorf, Tiefe 5—10 cm; sie sind ziemlich reich verzweigt, Wurzeln II. Ordn. kommen zahlreich, Wurzeln III. Ordn. dagegen spärlich vor. Die alten Wurzeln sind schwarzbraun, die Spitzen der jüngsten Wurzeln weiss. Epidermiszellen der alten Wurzeln klein, Aussenwand etwas verdickt. In der Innenrinde grosse, unregelmässige Interzellularräume.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m wächst meist in fast wagerechter Richtung im oberen Teile des Torfes. Bei auf Bülten wachsenden Individuen (Probefl. 50) liegt der wagerechte Teil des Rhizoms tiefer im Torf und entsendet Zweige aufwärts. Beobachtete maximale Länge des Rhizoms 1.38 m, Dicke 3—4 mm. Bei im Wasser wachsenden Individuen (Probefl. 22 u. 24) gehen die W u r z e l n bündelweise vom Rhizom aus; bei im A-C-Torf (Probefl. 47) wachsenden nicht bündelweise, sondern oft einzeln. Im Wasser oder im lebenden Moos sind die Wurzeln braun (oft hellbraun), die tiefer im Torfe befindenen Wurzeln sind dunkel, fast schwarz; die Spitzen der jungen Wurzeln sind weiss. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—20 cm, maximale Länge 32 cm (Probefl. 24, Wassergrube), Dicke 0.48—0.60 mm, Basaldicke einiger Wurzeln 0.8—0.9 mm. Zentralzylinder 5-eckig, stark entwickelt. In der Innenrinde der alten Wurzeln finden sich grosse, unregelmässige Interzellularräume. Die Wurzeln sind dicht und reich in Wurzeln II. Ordn. verzweigt, die spärlich Wur-

zeln III. Ordn. besitzen. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—3 cm, Dicke 0.12—0.30 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—2.2 mm, Dicke 0.09—0.14 mm. Mitunter sind die Wurzeln II. u. III. Ordn. grün. Tiefe der Wurzeln auf Braunmooren im A-C-Torf (Probefl. 47, 51) 5—10 cm, im C-S-Torf (Probefl. 6) 20—25 cm, beobachtete maximale Tiefe in einem Wassergraben (Probefl. 22) 50 cm, auf einer Braunmoorbülte (Probefl. 50) findet man Wurzeln in einer Tiefe von 35 cm im A-C-Torf unter dem Po-T. Wurzelhaare habe ich nicht gefunden. Nach HÖVELER sind die Wurzeln mit Haaren versehen. Pilzhyphen kommen in der Rinde einiger Wurzeln vor, wie auch STAHL und FREIDENFELT beobachtet haben.

Geranium silvaticum L.

Literaturangaben: Nach KIRCHNER (1926, S. 53) ist der Wurzelstock 6—10 cm lang und 8—10 mm dick. Vom Rhizom gehen zahlreiche lange, ziemlich feine, spärlich verzweigte Adventivwurzeln aus.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 16. VI. u. 1. VIII. 1928 (5 Indiv.).

Das Rhizom liegt im obersten Teile des Torfes, teilweise wagerecht, teilweise kriechend aufwärtssteigend. Es ist bei jüngeren Individuen bloss 2—4 cm, bei älteren Individuen 10—13 cm lang; bei einigen Individuen ist es 4—5 mm, bei anderen 6—7 mm dick, es ist verholzt und hart. Die älteren Rhizome haben einige Zweige. Reste abgestorbener Wurzeln und verwelkter oberirdischer Sprossteile sind vorhanden. Dicke Wurzeln gehen vom Rhizom nach beiden Seiten aus, viele von ihnen liegen fast wagerecht im oberen Torfe. (Fig. 64). Von dem jüngsten Teile des Rhizoms, von der Basis des blühenden Sprosses, geht ein Büschel von Wurzeln aus, deren Basaldicke ca. 1.8 mm beträgt. Diese Wurzeln besitzen sehr spärlich oder gar keine Seitenwurzeln. Die Aussenwand der Epidermiszellen ist verdickt. Die Innenrindenzellen der Wurzeln I. Ordn. sind eckig, von verschiedener Grösse, enthalten Stärke; die Interzellularräume fehlen oder sind ganz klein, 3-und 4-eckig. Zu innerst in der Innenrinde eine Schutzscheide von 5—6 Zellschichten. Von dem älteren Teil des Rhizoms gehen reichlicher verzweigte Wurzeln aus, deren Basaldicke 2.0—2.1 mm und deren Länge 1—3 cm beträgt. Tiefe

der Wurzeln 5—15 cm. Viele Wurzeln II. Ordn. besitzen noch kurze Wurzeln III. Ordn., stellenweise auch Wurzeln IV. Ordn. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 8—10 %. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.40—0.48 mm. 2 Hadrome und 2 Leptome. (Fig. 66).

Fig. 65. *Geranium silvaticum.* Wurzelsystem von oben gesehen. Probefl. 13. 1. VIII. 1928.

Fig. 66. *Geranium silvaticum.* Wurzel I. Ordn. Probefl. 13. 16. VI. 1928.

Empetrum nigrum L.

Literaturangaben: Nach Warming (1884) hat die Krähenbeere eine lange ausdauernde Hauptwurzel. Nach Frank (1887, S. 395—409) hat sie sehr dünne Faserwurzeln mit verpilzter äusserer Zellschicht. Wurzelhaare fehlen. Mykorrhiza tritt auf. Nach Keso (1908, S. 11) hat *E. nigrum* haarfeine verzweigte Nebenwurzeln. Nach Kirchner (1925, Bd. IV, 1 Abt., S. 172) ist die verhältnismässig kräftige Hauptwurzel entweder tiefgehend und spärlich verzweigt oder sie ist kürzer, mit zahlreichen horizontalen Zweigen. Nach Stahl (1900, S. 603, 605) entwickelt die Oberhaut bei *Empetrum nigrum* nicht ein einziges Wurzelhaar. Der endophyte Pilz nis-

tet sich ausschliesslich in den weiten Epidermiszellen der sehr langen, haardünnen Wurzeln ein. Diese Pflanze kann auch völlig pilzfrei gedeihen. Nach KUJALA (1926, S. 33) hat *Empetrum nigrum* keine aktiv in das Erdreich wachsenden Rhizome. Ihre oberirdischen Stengel werden später vom Humus bedeckt und setzen reichlich Adven-

Fig. 67. *Empetrum nigrum*. Verzweigung einer Wurzel I. Ordn. Probefl. 1. 14. VI. 1927.

tivwurzeln an. Nach KIHLMAN (1890) können die Stengel dieser Pflanze aussergewöhnlich alt — bis 80 Jahre — werden. Nach KOTILAINEN (1927, S. 65) gehört. *E. nigrum* zu den sehr azidophilen Arten. Das Wurzelsystem steht nicht in Berührung mit den niedrigsten, wenig saueren Schichten der Bülten, auf denen diese Art freilich wachsen kann. Nach VOSS u. ZIEGENSPECK (1929, S. 390) gehen die dünnen Wurzeln dieser immergrünen Büsche ebenfalls nicht tief in die Erde. Diese Art ist ein sehr geeignetes Objekt zum Studium des Mykorrhizatypus.

P r o b e f l. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 14. VI. 1927, 22. VI. 1929 (3 u. 2 Indiv.).

Der Stengel kriecht und teilt sich in mehrere Zweige, im Moose nahe der Oberfläche wachsend. Der Stengel eines im Moose hinkriechenden Individuums war 92 cm, der eines anderen 80 cm lang, die maximale Länge dürfte jedoch grösser sein; Dicke des Stengels 1.5—2 mm. Stellenweise wachsen lange Stengelzweige an der Oberfläche des Mooses. Die im Moose befindlichen Stengelteile setzen an den Blattgründen reichlich verzweigte Adventivwurzeln an, die in das Moos wachsen. Ich habe keine Hauptwurzel angetroffen. Die Wurzeln sind reich verzweigt in Wurzeln II. u. III. Ordn. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—20 cm, Tiefe 5—10 cm. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. sind 0.56—0.62 mm, die feinsten 0.25—0.28 mm dick. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—2 cm, Dicke 0.10—0.12 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.08 mm. Wurzelhaare kommen nicht vor, dagegen gibt es in der Epidermis der feineren Wurzeln reichlich Mykorrhiza. (Fig. 67).

P r o b e f l. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 27. VII. 1929 (1 Indiv.).

Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.25—0.37 mm, Zentralzylinder 0.07—0.08 mm. Die Wände der Epidermis- und Aussenrindenzellen sind braun, die Zellen platt; die Epidermis verschwindet oft. In der Innenrinde sind die Zellen sehr klein, die Interzellularräume gross, rund, in fast radiären Reihen. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10 mm, Zentralzylinder 0.02—0.03 mm im Durchmesser. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.06 mm. Stellenweise finden sich einige ganz kurze Wurzeln IV. Ordn. Die Wurzeln III. Ordn. sind stellenweise durch Mykorrhiza angeschwollen.

Rhamnus frangula L.

Das W u r z e l s y s t e m dieser Art ist ungenügend untersucht worden, weil ich sie anfangs nicht mitzunehmen beabsichtigte.

P r o b e f l. 6 3 (Braunmoor-Reisermoor, S. 44). 16. VII. 1929 (1 Indiv.).

(Höhe des Indiv. ca. 1 m.) Die Wurzeln sind hell gelbbraun, die dicksten an der Basis rot. Länge der Wurzeln 22—27 cm, Dicke 1.05—1.12 mm. Dicke des Holzteiles 0.56—0.62 mm. Die Wurzeln ent-

wickeln sich im S-Torfe, sie wachsen schräg abwärts; Tiefe 15—30 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—7 cm, Dicke 0.28—0.36 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.25—0.31 mm. Wurzelhaare fehlen; in den feineren Wurzeln tritt Mykorrhiza auf.

Viola palustris L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 308) sind die Wurzeln pilzfrei und mit Wurzelhaaren versehen. Auch Stahl (1900, S. 551) hat keine Spur von Verpilzung der Wurzeln bei *Viola palustris* entdeckt. Nach Freidenfelt (1902, S. 139) sind die Wurzeln der *Viola*-Arten Zwischenformen vieler Typen, im allgemeinen sind sie sehr dazu veranlagt, Seitenwurzeln zu bilden. (*Viola palustris* × *Viola epipsila* besitzt Seitenwurzeln, die ihrerseits auch etwas verzweigt sind.) Nach Freidenfelt (1904, S. 76 u. 91) ist die Epidermishaut der Wurzeln ± verdickt. Die Rindenwände, mit Ausnahme der innersten Schicht, sind verhältnismässig sehr verdickt. Nach Mela-Cajander (1906, S. 405) bildet das Rhizom Ausläufer, aber keine blättertragenden Stengel.

Probefl. 80 (Grasbruch, S. 47). 4. VII. 1928, 8. VII. 1930 (6 u. 1 Indiv.).

Das Rhizom kriecht in fast wagerechter Richtung im lebenden *Sphagnum riparium*-Moos. Länge des Rhizoms 5.5—8.5 cm, Dicke 1—2 mm, Alter 10—13 Jahre. Die Wurzeln entwickeln sich im Moose, gehen nicht in den darunterliegenden Torf hinunter. Gerade Länge der Wurzeln 10—12.5 cm, Dicke 0.32 mm, Tiefe 5—10 cm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—6 cm, Dicke 0.16—0.20 mm. Spärlich Wurzelhaare an den Wurzeln II. u. III. Ordn. Länge der Haare 0.25—0.49 mm. In der Wurzelrinde 4 Zellschichten; keine Interzellularräume. Aussenwand der Epidermis der Wurzeln I. Ordn. etwas verdickt; Endodermiswand dünn. (Fig. 68).

Probefl. 28 (Quellenweissmoor, S. 36). 23. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom liegt fast wagerecht im Moose; Länge 10—12 cm, Dicke 0.9—1.0 mm. Vom Rhizom gehen verzweigte Wurzeln aus, die längsten vom jüngeren Teile des Rhizoms. Die Wurzeln wachsen fast wagerecht in das Moos, und einige erstrecken sich in den obersten Teil des Torfes, Tiefe 0—10 cm. Dicke der Wurzeln 0.24—0.28

mm. Die Wurzeln haben Seitenwurzeln II. u. III. Ordn. Keine Wurzelhaare an den untersuchten Individuen.

P r o b e f l. 4 6 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 17. VI. 1929 (1 Indiv.).

Fig. 68. *Viola palustris*. Wurzelsystem von oben gesehen. Probefl. 80. 4. VII. 1928.

Das R h i z o m kriecht wagerecht nahe an der Oberfläche, ca. 2—3 cm tief, und entsendet Wurzeln nach beiden Seiten in den A-C-T. Gerade Länge des Rhizoms 15 cm, die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 5.5—7 cm lang. Tiefe 2—8 cm. Im wässigen Torf (Probefl. 80) sind die Wurzeln länger als im trockneren (Probefl. 46).

Viola epipsila Ledeb.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Mela-Cajander (1906, S. 405) ist das Rhizom ausläuferbildend.

P r o b e f l. 4 2 (OMT-Wald, S. 39). 22. VI. 1927 u. 8. VIII. 1928 (2 u. 3 Indiv.).

Das ausläuferbildende Rhizom kriecht im dünnen Torfe ganz nahe an der Oberfläche. Dicke des Rhizoms ca. 1 mm. Ein Individuum hatte ein 21 cm langes Rhizom mit 27 Internodien. Von die-

sem gingen 7 neue Ausläufer aus, deren Länge zwischen 3.5—9 cm schwankte und deren 4 noch je einen Ausläufer hatten. Vom Rhizom und von den neuen Ausläufern gehen reichlich verzweigte Wurzeln aus, die nach verschiedenen Seiten in den Torf wachsen. Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—6 cm, Dicke 0.28—0.36 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20 mm, die der Wurzeln III. Ordn. 0.16—0.20 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.10—0.12 mm. Die Wurzeln sind weiss oder hellgelblich. Tiefe der Wurzeln 0—10 cm, oft nur 0—5 cm.

Daphne mezereum L.

Das Wurzelsystem dieser Art ist ungenügend untersucht. Die Art ist keine wichtige Moorpflanze.

Probefl. 72 (Braunmoorbruch, S. 46). 20. VI. 1928 (2 Indiv.).

Der unterirdische rhizomähnliche Stengel kriecht im Torfe der Bülte, ca. 10 cm tief, in fast wagerechter Richtung. Bei älteren Individuen ist er 10—11 mm, bei jüngeren Indiv. 3—4 mm dick. Das Rhizom des älteren Indiv. war 21 Jahre alt und hatte Zweige, von denen einer 14 Jahre alt war. Vom Rhizom aus gehen undicht stehende Wurzeln seitwärts in den Torf; einige Wurzeln dringen bis in den unter dem Torfe befindlichen, mit Sand gemischten Humus; Tiefe 20—25 cm. Basaldicke der gröbsten Wurzeln I. Ordn. 3 mm. Die gröbste alte Wurzel 8 (?) Jahre alt. Am Rhizom entspringen auch dünnere, verzweigte Wurzeln I. Ordn. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.6—0.7 mm. Die dünneren Wurzeln I. Ordn. sind ebenso dick wie die Wurzeln II. Ordn. Die dickeren Wurzeln verjüngen sich an der Spitze. Durchmesser des Zentralzylinders einer 1.6 mm dicken Wurzel I. Ordn. 0.32—0.36 mm; die Gefässe liegen zerstreut im Zentralzylinder, es gibt deren 20—25 St. Länge der Wurzeln I. Ordn. 18—22 cm, die längsten angetroffenen waren 30—31 cm lang.

Epilobium palustre L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 307) sind die Wurzeln endotrophisch verpilzt und ohne Wurzelhaare.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 6. VII. 1927, 1. VIII. 1929 (3 u. 1 Indiv.).

Die Stengelbasis liegt im feuchten Torf und setzt sich als viele Zentimeter (bei einem Indiv. 15 cm) lange Hauptwurzel geschlängelt nach unten fort. Einige Seitenwurzeln (3 –4 St.) entspringen aus der Hauptwurzel gleich an der Oberfläche; sie sind unverzweigt und verlaufen in der Richtung der Oberfläche, sie sind 0.28 mm dick und reichlich mit 0.05—0.08 mm langen weissen Wurzelhaaren besetzt. Etwas tiefer unten gehen von der Hauptwurzel längere, sowohl unverzweigte als verzweigte Seitenwurzeln aus, von denen die längsten 12—15 cm messen; Tiefe 5—15 cm. Basaldicke der gröberen Wurzeln II. Ordn. 0.40 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—3 cm. Dicke 0.16 mm. Wurzeln IV. Ordn. gibt es nicht. Die Spitzenteile der Wurzeln III. Ordn. sind reichlich mit 0.05—0.18 mm langen Wurzelhaaren besetzt. Die Wurzeln II. Ordn. weisen spärlich Haare auf. Stellenweise wächst *E. palustre* hier auf solchen Flächen, wo der Torf von Wasser bedeckt ist. Die obersten Wurzeln liegen dann im Wasser, auf der Torfoberfläche. Die Epidermiszellen sind klein, dünnwandig; die Exodermiszellen gross, rund. Zentralzylinder 0.08 mm. (Fig. 69).

Fig. 69. *Epilobium palustre.* Probefl. 28. 6. VII. 1927.

Probefl. 48 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 23. VII. u. 25. VIII. 1928 (2 u. 4 Indiv.).

Von der Stengelbasis gehen in der Moosoberfläche wagerecht wachsende oberirdische Ausläufer aus. Die Wurzeln wachsen wagerecht und nach verschiedenen Richtungen in den oberen A-C-T; Tiefe 0—5 cm. Maximale Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—6 cm, Dicke 0.40—0.44 mm. An den Wurzeln finden sich weisse Wurzelhaare (ziem-

lich spärlich), von denen die längsten 0.4—0.8 mm lang sind. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.16 mm, diese sind reichlich mit Wurzelhaaren versehen, deren Länge im allgemeinen 0.60 mm ist. Die Wurzeln sind weiss, zart und spröde. Einige der untersuchten Individuen dieser Probefl. wuchsen auf einer mooslosen Fläche. Sie hatten eine ca. 2 mm dicke, fast verholzte Hauptwurzel, die bei einigen Individuen fast senkrecht, bei anderen schräg in der Oberfläche des Torfes stand. Von der Hauptwurzel gehen feine, weisse, 0.12—0.36 mm dicke Adventivwurzeln aus. Besonders an den feineren Wurzeln treten reichlich Wurzelhaare auf, deren Länge 0.6—0.92 mm beträgt. Die von der Stengelbasis ausgehenden Ausläufer sind rot. Alle Wurzeln sind weiss. Die Rinde der Wurzeln löst sich leicht ab.

Ausserdem habe ich noch das Wurzelsystem von drei Individuen untersucht, die auf einem Gartenbeet an einem dicktorfigen Platze wuchsen. Sotkamo, Jormaskylä, Jormala 7. VIII. 1929.

Die untersuchten Individuen hatten einen ca. 4 mm dicken Stengel, der sich als kurze Hauptwurzel schräg abwärts in den humifizierten Torf fortsetzte. Die Hauptwurzel verzweigte sich in zwei oder drei dicke Zweige. Am Wurzelhalse entspringen 4—5 junge oberirdische Ausläufer. Von der Hauptwurzel gehen nach verschiedenen Seiten in den Humus Wurzeln II. Ordn. aus, deren Dicke 0.20—0.32 mm beträgt. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.09—0.12 mm. Die Wurzeln besitzen 0.24—0.60 mm lange Wurzelhaare.

Angelica silvestris L.

P r o b e f l. 1 5 (Bruchmoor, S. 33). 20. VIII. 1929 (2 Indiv.).

Die untersuchten Pflanzen hatten eine dicke und lange Hauptwurzel, die jedoch nicht tief in den Boden drang, sondern bald eine wagerechte Richtung annahm. Bei dem einen der untersuchten Individuen war die Hauptwurzel 168 cm, bei dem anderen 190 cm lang. Bei jener war der oberste Teil der Wurzel angeschwollen, so dass der angeschwollene Teil merkbar dicker, ca. 2—3 cm dick, als der Stengel war. Darauf verdünnt sich die Hauptwurzel und ist auf einer Strecke von 66 cm unverzweigt, um sich dann in zwei gleich dicke Zweige zu gabeln. Darauf folgen Wurzelzweige in einer Entfernung von 10—15 cm voneinander. Die lange, sich verdünnende Hauptwurzel wächst in wagerechter Richtung im Torfe kriechend in einer Tiefe von 5—10

cm. Einige Wurzelzweige dringen durch den dünnen Torf in den Mineralboden; Tiefe 10—15 cm. Dicke des einen Hauptwurzelzweiges 2.4 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 1.0 mm. Die Gefässe liegen zerstreut, zwei deutliche Gruppen bildend, das grösste Gefäss 70 μ. Unter der dünnwandigen Epidermis und Exodermis in der Aussenrinde noch 2—3 Zellschichten, Zellen platt, verholzt? In der Innenrinde kleine runde Zellen und kleine Interzellularräume.

P r o b e f l. 5 0 (Braunmoorbülte, S. 41). 26. VIII. 1929 (1 Indiv.).

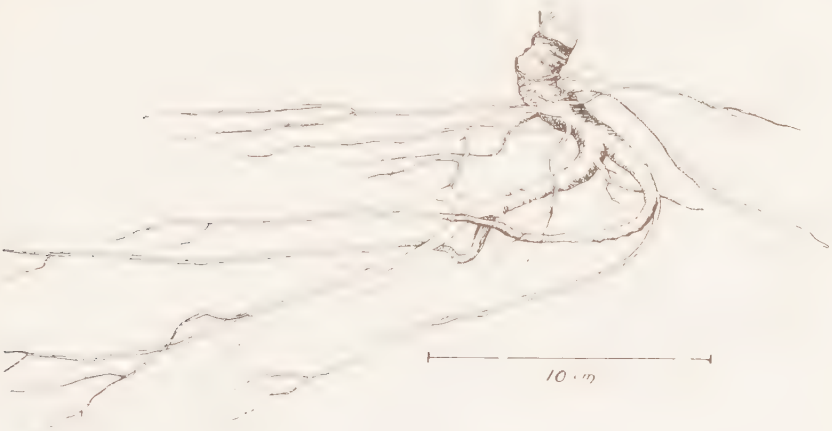


Fig. 68. *Angelica silvestris*. Probefl. 50. 26. VIII. 1929.

Das Wurzelsystem kürzer, stärker zusammengedrückt, reichlicher verzweigt als auf der vorigen Probefläche. Die Hauptwurzel anfangs 1.5 cm dick, ihr oberster, unverzweigter, dicker Teil ca. 5 cm lang, darauf verzweigt sich die Hauptwurzel in zwei gleichgrosse, ca. 20 cm lange Zweige. Die tiefstgehenden Wurzeln reichen 10—15 cm in den Po-Torf hinein. (Fig. 68).

Peucedanum palustre (L.) Moench.

P r o b e f l. 4 0 (Überschwemmungsmoor, S. 38). 10. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die Hauptwurzel, deren Basaldicke 0.6—0.8 cm und deren Länge 20—23 cm beträgt, wächst abwärts in den Torf. Vom oberen Teile der

Hauptwurzel, in einer Tiefe von 0—10 cm, gehen Seitenwurzeln (Wurzeln II. Ordn.) verschiedener Dicke aus; die dicksten sind 3.0—3.5 mm dick, und ihre maximale Länge beträgt ca. 20 cm. Einige dieser Wurzeln II. Ordn. verzweigen sich reichlich in Wurzeln III.—V. Ordn. Länge der Wurzeln III. Ordn. 16—20 cm, Basaldicke 0.8 -1.0 mm, die längsten Wurzeln IV. Ordn. sind 9—13 cm lang und 0.25—0.28 mm dick, Länge der Wurzeln V. Ordn. 1—6 cm, Dicke 0.20 —0.28 mm. Am reichlichsten kommen Wurzeln in einer Tiefe von 5 -15 cm vor, einige Wurzeln befinden sich jedoch in einer Tiefe von 20 -25 cm. Die aus der Hauptwurzel entspringenden obersten Seitenwurzeln liegen im Moose; diese Wurzeln sind fast unverzweigt. Wurzelhaare fehlen gänzlich. Die meisten Wurzeln II. Ordn. sind in ihrem Basalteil etwas verzweigt, im Mittel- und Spitzenteil reichlicher verzweigt.

P r o b e f l. 7 (Reisermoorbülte, S. 31). 14. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die gewundene Hauptwurzel ist 20—29 cm lang. Bei einer Länge von 7—8 cm ist ihre Dicke 0.8—0.9 cm, danach verdünnt sie sich. Sie entsendet dicke und sehr wenig verzweigte Wurzeln II. Ordn., deren Basaldick 2.6 mm und deren Länge 11—21 cm beträgt. Einige von ihnen wachsen fast wagerecht in das Moos, andere schräg abwärts in den Torf. Maximale Tiefe 20—25 cm. Durchmesser des Zentralzylinders der gröbsten Wurzeln II. Ordn. 0.74 mm. Die Wurzeln III. Ordn. sind meist abgestorben, Narben von ihnen sind erkennbar.

P r o b e f l. 3 5 (Überwachsungsmoor, S. 37). 26. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Beim Höhenwachstum des Mooses geht die Hauptwurzel mit ihren untersten Seitenwurzeln zugrunde, und neue Wurzeln entspringen aus höher gelegenen Teilen des Stengels. Die meisten Wurzeln II. Ordn. gehen vom Wurzelhals aus, sie wachsen meistens wagerecht seitwärts in das Moos. Die Länge dieser Wurzeln ist 10—18 cm, ihre Basaldicke ca. 3.2 mm. Einige Wurzeln II. Ordn. sind dünner, ihre Basaldicke beträgt 2.4 mm. Die Wurzeln sind spröde und zart, fast durchsichtig. An den Spitzenteilen der Wurzeln II. Ordn. finden sich reichlicher Wurzeln III. Ordn., die ihrerseits einige Wurzeln IV. Ordn. aufweisen. Der Zentralzylinder der Wurzeln II. Ordn. — 0.7-0.8 mm im Durchmesser — enthält 6 Gefässteile. In der Innenrinde Lufthöhlen. Basaldicke der Wurzeln III. Ordn. 0.50—0.68 mm;

Zentralzylinder schwach entwickelt, 0.08—0.10 mm im Durchmesser. Die Wurzeln IV. Ordn. 0.13—0.16 mm dick. Wurzelhaare fehlen. Aussenwand der Epidermiszellen der Wurzeln II. Ordn. etwas verdickt.

Cornus suecica L.

Literaturangaben: Nach Kujala (1926, S. 105) ist diese Art ein typisches Rhizomgewächs, das sich mit Hilfe langer, unterirdischer Rhizome verjüngt und ausbreitet.

Probefl. 16 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das braune, 1.0—1.4 mm dicke Rhizom steigt aus dem unter dem Torfe befindlichen Mineralboden kriechend aufwärts und verzweigt sich in mehrere Äste, aus deren Spitzen die Assimilationssprosse sich oberhalb der Moosoberfläche entwickeln. Das Rhizom entsendet ziemlich kurze, verzweigte Wurzeln nach verschiedenen Seiten in den Torf. Die Wurzeln I. u. II. Ordn. sind ungefähr gleichdick (0.20—0.28 mm). Die gerade Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt 4—5 cm. Wurzeltiefe ca. 45 cm. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. ist variabel, von einigen Millimetern bis zu 3 cm. Keine Wurzelhaare, Pilzhyphen dagegen recht häufig. Einige Wurzeln besitzen spärlich Wurzeln III. Ordn.

Probefl. 42 (OMT-Wald, S. 39). 28. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom kriecht im dünnen Torf in wagerechter Richtung nahe an der Oberfläche, ca. 1—2 cm tief. Vom Rhizom steigen Assimilationssprosse und blühende Sprosse aufwärts. Länge der hervorpräparierten Rhizome 98—130 cm; ein Teil des Rhizoms blieb jedoch im Boden. Dicke des Rhizoms 1.5—1.7 mm. Das Rhizom besitzt auch in wagerechter Richtung verlaufende Zweige, aus denen, wie auch aus dem Hauptrhizom, Wurzeln — oft zwei an derselben Stelle — entspringen und in den dünnen Torf treiben. Die Zweige des Rhizoms sind etwas dünner als sein ältester Teil, ca. 1.0 mm dick. Die alten Wurzeln sind braun, die jüngsten weiss. Die gerade Länge der längsten Wurzeln beträgt 8—9 cm, die Tiefe 2—8 cm. Die Spitze des jüngsten Jahressprosses des Rhizoms ist weiss, der längste Jahressprosse ist 36 cm, sein weisser Teil 15.5 cm lang. Von diesem Jahressprosse gehen senkrecht aufwärts junge, weisse Sprosse aus, deren Spitze in eine hellrote Blattknospe endigt; die Länge die-

ser Sprosse (28. VIII.) war 1.5—2.0 cm. Von dem Rhizom gehen, in der Nähe der Niederblätter, Wurzeln aus, die anfangs weiss und unverzweigt sind; die älteren Wurzeln sind verzweigt und besitzen verhältnismässig dichtstehende Wurzeln II. Ordn. und auch ganz kurze Wurzeln III. Ordn. Die Dicke der jungen Wurzeln I. Ordn. ist 0.32 –0.36 mm, die der älteren 0.35—0.44 mm. Die Wurzeln II. Ordn. sind 0.28—0.36 mm dick. Wurzelhaare fehlen. Um die jüngeren Wurzeln schlingen sich Pilzhyphen, die stellenweise verzweigt sind. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.28 mm im Durchmesser, der Wurzeln II. Ordn. 0.10 –0.16 mm. Die Dicke der Wurzeln III. Ordn. beträgt 0.20—0.24 mm. Auch an den Verzweigungsstellen des Rhizoms gehen Wurzeln aus.

Pirola minor L.

Literaturangaben: Nach Van Tieghem (1888) ist der Gefässbündelkomplex diarch. Nach Rommel (1898) sind bei dieser Art Wurzelhaare nur in der Nähe der Wurzelspitze vorhanden. Nach Stahl (1900, S. 551 u. 665) sind die *Pyrola*-Arten mykotrophe Pflanzen. *P. minor* und *P. secunda* besitzen im Herbst reichlich Pilzbildungen. Nach Marcuse (1902, S. 26—27) sind die Wurzeln, wo es Mykorrhiza gibt, dicker als jene, wo Mykorrhiza fehlt. Nach Kirchner (1925, Bd. IV, I Abt., S. 186 u. 196) sind die *Pyrola*-Arten obligat mykotroph: junge Plänzchen sind regelmässig mit endotropher Mykorrhiza versehen, bei älteren Pflanzen treten verpilzte Wurzeln nicht mehr konstant auf. Die an den Ausläufern (dem Rhizom) der *Pyrola*-Arten entspringenden Beiwurzeln sind — wenn pilzfrei — sehr dünn, zart und wenigstens bei *P. chlorantha*, nur schwach verzweigt. Die Wurzelspitze ist hell gefärbt, die übrige Wurzel von schwarzbrauner Farbe. Die Rinde besteht nur aus etwa 3 -5 Reihen sehr zartwandiger Zellen (*P. minor*, *P. rotundifolia*, *P. chlorantha*).

Probefl. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 21. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das lange Rhizom kriecht im oberen Teile des Torfes und entsendet verzweigte Wurzeln in den Torf. Länge des Rhizoms bei den hervorpräparierten Individuen 50—65 cm, Dicke 0.8 -2.0 mm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 3—8 cm, Dicke 0.24—0.36 mm. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 4 -5 cm lang, 0.16—0.20 mm dick. Wurzeln III.

Ordn. ziemlich dicht, Länge 0.5—1 cm, Dicke wie die der Wurzeln II. Ordn. In den Wurzeln II. u. III. Ordn. reichlich Pilzhyphen. Wurzelhaare fehlen. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. (Fig. 69).

P r o b e f l. 4 2 (OMT-Wald, S. 39). 25. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Fig. 69. *Pirola minor.* Wurzelsystem von oben gesehen. Probefl. 2. 21. VII. 1928.

Das lange, weisse Rhizom kriecht sich windend in wagerechter Richtung im dünnen Torfe, in einer Tiefe von 2—4 cm. Länge 76—82 cm, Dicke 1.0—1.5 mm. Am Rhizom gehen in einer Entfernung von 2—2.6 cm voneinander ziemlich reich verzweigte gelbbraune, spröde Wurzeln aus, deren Tiefe 5—10 cm beträgt. Die jungen Wurzeln sind weiss. Dicke der Wurzeln 0.28—0.36 mm; die der feinsten Seitenwurzeln 0.12—0.16 mm. An den jüngeren Teilen und besonders

an den Verzweigungsstellen des Rhizoms findet man am meisten und am reichlichsten verzweigte Wurzeln. In den Wurzeln sind reichlich Pilzhyphen vorhanden. Die Länge der Jahrestriebe des Rhizoms beträgt 4—15 cm.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 29. VII. 1928 (1 Indiv.).

Das R h i z o m kriecht wagerecht im C-S-Torf, in einer Tiefe von ca. 10 cm; Länge 49 cm (der lebende Teil 44 cm), Dicke 1.05—1.24 mm. Vom Rhizom gehen zwei wagerechte Zweige aus, Länge 7 bzw. 10 cm. Dicke der Wurzeln 0.25—0.31 mm, Tiefe 10—15 cm.

Pirola secunda L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Stahl (1900, S. 551 u. 665) reichlich Pilzbildungen (siehe die vorige Art). Nach Marcuse (1902, S. 26) gibt es in den Wurzeln endotrophe Mykorrhiza. Nach Kirchner (1925, S. 220) sind die Beiwurzeln der Ausläufer verhältnismässig spärlich, sehr dünn und wenig verzweigt. Wurzelhaare sind nur in der Nähe der Spitze vorhanden. Das Gefässbündel ist triarch oder diarch. Nach Kujala (1926, S. 96) kann der ganze lebende Teil des Rhizoms von *P. secunda* wenigstens 1.5 m lang werden, und dabei waren die ältesten Partien des Rhizoms 7 Jahre alt. Das zähe Rhizom wächst ca. 1—2 cm tief im Humus. Die Internodien sind 2—3 cm lang. Die Länge der Jahrestriebe des Rhizoms beträgt ca. 15—30 cm. Das Rhizom ist sympodial. Die Spitze des Jahrestriebes ist im Herbst aufwärts gewandt, und im folgenden Jahre entwickelt sich daraus ein Assimilationsspross. In der Nähe der Niederblätter gehen davon relativ kurze und spärlich verzweigte Wurzeln aus.

P r o b e f l. 16 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928 (3 Indiv.).

Das R h i z o m ist weiss, stark und zähe, es kriecht im oberen Teile des Torfes nahe der Oberfläche und verzweigt sich in viele lange und dicke Zweige. Länge des Rhizoms 1.2—1.6 m, Dicke 1.1—2.0 mm, Länge der Internodien 2—6 cm. In der Nähe der Niederblätter des Rhizoms gehen 7—11 cm lange, spärlich verzweigte W u r z e l n aus, die nach verschiedenen Seiten in den Torf wachsen und bis in eine Tiefe von 5—10 cm reichen. Die Dicke der Wurzeln I. Ordn.

beträgt 0.32—0.36 mm, die der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.24 mm. Wurzeln III. Ordn. gibt es nicht. Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. 0.18 mm im Durchmesser. Die Rinde ist dünn, und ihre Zellen sind dünnwandig, keine Interzellularräume. Wurzelhaare fehlen, Pilzbildungen um die Wurzeln sind dagegen vorhanden.

Probefl. 42 (OMT-Wald, S. 39). 25. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom kriecht ausläuferbildend ganz nahe an der Oberfläche, 2—4 cm tief, der Oberfläche der Bülte folgend. Dicke des Rhizoms 1.10—1.20 mm, Länge ohne Zweige 1.3—1.52 m. Länge des ganzen Rhizoms mit den Zweigen über 2.5 m. Länge der Internodien 1—3 cm. Länge der Jahrestriebe 15—20 cm. Die Wurzeln gehen vom Rhizom in der Nähe der Niederblätter aus und sind spärlich verzweigt. Länge der Wurzeln im allgemeinen 2—4 cm, der längsten unverzweigten Wurzel 8 cm. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. Dicse Art hat spärlicher Wurzeln als *P. minor*, die Wurzeln sind auch gerader und weniger verzweigt als bei jener. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.40—0.48 mm, maximale Dicke 0.56—0.60 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.24 mm. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.35—0.40. Die Epidermiszellen sind oft verschwunden, in der Innenrinde 3 Zellschichten.

Pirola rotundifolia L.

Literaturangaben: Stahl (1900, S. 665) siehe *P. minor*. Kirchner (1925, S. 196) siehe *P. minor*. Nach Kujala (1926, S. 93) verjüngt *P. rotundifolia* sich intensiv mit Hilfe der Rhizome. Ihrem Bau nach schliesst sich diese Art nahe an *P. minor* und andere *Pirola*-Arten an.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 13. VII. 1928 (3 Indiv.).

Die untersuchten Indiv. wuchsen auf einer Bülte um eine Fichtenstubbe. Das Rhizom weiss, Länge 1.6—2.2 m, Dicke 1.0—2.0 mm. Es kriecht im Torfe und entsendet dünne Wurzeln abwärts in den Torf. Länge der Rhizominternodien 2—3 cm. Epidermis und Exodermis des Rhizoms dickwandig. In den Rindenzellen Reservestoffe. Die Wurzeln sind reich verzweigt, sie besitzen Wurzeln II. u. III. Ordn. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—10 cm, Dicke 0.28—0.50 mm. Dicke der Wurzeln II. u. III. Ordn. 0.24 mm. Tiefe der Wurzeln

5—15 cm. Die Wurzeln sind verzweigter als bei *P. minor* und *P. secunda*. In den Wurzeln, besonders in denen der II. u. III. Ordn., gibt es stellenweise reichlich Pilzhyphen. Einige kurze Wurzeln III. Ordn. sind wegen der Mykorrhiza angeschwollen. (Fig. 70).

Fig. 70. *Pirola rotundifolia*. Probefl. 13. 13. VI. 1928.
1. Rhizomteil mit Wurzeln.
2. Wurzelverzweigung.

Ledum palustre L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 306) ist *Ledum palustre* endotrophisch verpilzt und ohne Wurzelhaare. Nach Keso (1908, S. 15—16) ist der Stamm des Sumpfporsts der Erde angeschmiegt und davon bedeckt und erhält alsbald reichlich haarfeine Nebenwurzeln, die ohne wahrnehmbare Regelmässigkeit da und dort an dem Stamm entspringen. Die ältesten Nebenwurzeln sind 11—16-jährig, ihr Durchmesser wechselt von 1.75—3.75 mm. Keso hat keine Hauptwurzel angetroffen. Nach Kirchner (1923, S. 19) geht das verlängerte Hypokotyl in die kräftige, reich verzweigte, lange ausdauernde Hauptwurzel über. Schon im zweiten Jahr dürften Bei-

wurzeln am Hypokotyl und bald auch an der Basis des Epikotyls gebildet werden. Mykorrhiza kommt vor. KOTILAINEN (1927, S. 52, Tabelle) zählt *L. palustre* zu denjenigen Arten, deren Standboden in der Regel am sauersten ist (Artengruppe A: Die sehr stark azidophilen Arten). KOTILAINEN erwähnt diese Art jedoch auch von einem Überwachsungsmoor (S. 47, Proben 217—218), wo der Torf 0.1—0.2 m tiefer C-S-T und 0.3—0.4 m tiefer S-C-T war, die entsprechenden pH-Werte waren 3.4 bzw. 5.7. Hieraus schliesst er (l. c., S. 63), dass das Wurzelsystem von *Ledum palustre* in diesem Falle nur in die sauere Oberflächenschicht des Torfes eindringt. Nach VOSS u. ZIEGENSPECK (1929, S. 384) streichen die Wurzeln verhältnismässig seicht. Es stimmt also die Annahme KOTILAINENS, dass sich die Pflanze ausgerechnet in den sauersten Bodenschichten mit ihrem Wurzelwerk heimisch fühlt. Die feinen, dünnen, dicht verzweigten Würzelchen bestehen aus einem feinen Zentralzylinder, der auffallend wenig Gefässe führt; dagegen ist der Siebteil kräftig entwickelt. Wurzelhaare fehlen gänzlich. Man findet in allen Epidermiszellen eine Unmasse von verdauten und noch unverdauten Pilzen. Die Herbstwurzeln oder ihr Herbstzustand lässt besonders kräftige Verpilzung erkennen. Im Frühlingskleid sind die ungemein fein verzweigten Wurzeltriebe und Spitzen unverpilzt, und das Gewächs kann Wasser in etwas grösserer Menge aufnehmen.

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 14. VI. 1927 (2 Indiv.).

Der oberirdische Stengel kriecht und verzweigt sich im Torfe in einer Tiefe von 5—15 cm, und von ihm steigen die oberirdischen Stengel empor. Von den im Torfe kriechenden rhizomähnlichen Stengeln gehen reichlich verzweigte Adventivwurzeln aus, deren Länge 5—15 cm beträgt, Basaldicke im allgemeinen 0.60—0.72 mm; einige sind 1—2 mm dick, verdünnen sich sofort. Dicke der Wurzeln II., III. u. IV. Ordn. 0.08—0.12 mm. Ich habe keine Hauptwurzel bei den untersuchten Individuen, die alle alt waren, angetroffen. Epidermiszellen dünnwandig, die Rinde löst sich leicht ab und lässt den ziemlich kräftig gebauten Zentralzylinder sichtbar werden. In den Epidermiszellen der Wurzeln und an deren Oberflächen gibt es reichlich Pilzhyphen, besonders an den Verzweigungsstellen. Wurzelhaare fehlen. Die maximale Tiefe der Wurzeln beträgt 15—25 cm, die meisten Wurzeln in einer Tiefe von 5—15 cm. (Fig. 71).

P r o b e f l. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 27. VII. 1929 (Profil).

Fast alle »Rhizome» und die lebenden Wurzeln liegen im oberen Teile des Torfes, 0—10 cm tief, nur einige Wurzeln gehen 15—20 cm tief. Keine Hauptwurzel habe ich angetroffen. Die Wurzeln gehen ohne Ordnung von dem unterirdischen Stengel aus und sind reichlich verzweigt. Dicke der Wurzeln I. Ordn. an der Basis 0.52—0.80

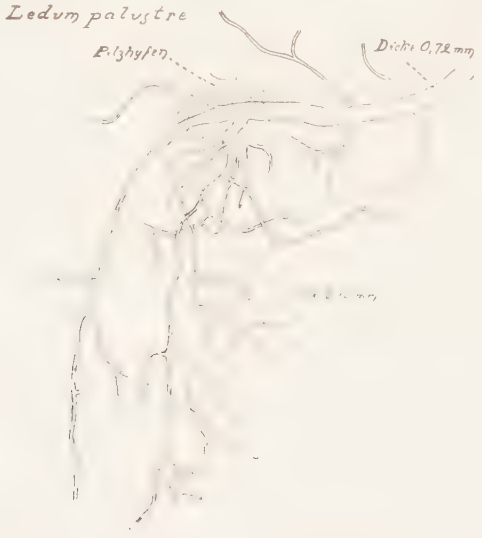


Fig. 71. *Ledum palustre*. Verzweigung einer Wurzel. Probefl. 9. 14. VI. 1927.

mm, Dicke der feinsten Seitenwurzeln 0.08—0.10 mm. Pilzhyphen gibt es stellenweise reichlich, sie dringen in die Epidermiszellen ein.

P r o b e f l. 7 (Reisermoorbülte, S. 31). 29. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die gröbsten an den unterirdischen Stengeln entspringenden Wurzeln sind 0.56—0.70 mm dick. Die Wurzeln sind reichlich verzweigt in Wurzeln II., III. u. IV. Ordn., die alle fast gleichdick, 0.06—0.10 mm sind. Die Epidermiszellen sind dünnwandig, keine Interzellularräume. Der Stengel verzweigt sich reichlich im Torfe und in dem lebenden Moose. Je älter die Individuen sind, desto strauchiger sind sie, und desto reichlicher ist ihr sich im Torfe und im Moose verzweigendes Wurzelsystem. Unterirdische Stengel und Wurzeln gibt es in verschiedenen Tiefen, maximale Tiefe 30—35 cm.

Cassandra calyculata (L.) Don.

Literaturangaben: Nach Transeau (1906, S. 17—) gibt es in den Wurzeln bei *Cassandra* auf den Torfmooren in Michigan keine Mykorrhiza. Nach Kirchner (1923, S. 58) sind die Wurzeln dünn, in Sandkultur reichlicher verzweigt als in *Sphagnum*-Substrat. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 387) lassen die Wurzeln wie bei *Ledum* eine starke Verpilzung erkennen. Die Spitze der feinstverzweigten Würzelchen ist metakutisiert und völlig geschlossen. Kurz hinter ihr finden wir in wenigen Zellen noch lebensfähige Pilze. Die Wurzeln treiben zweimal aus, einmal im Frühjahr und einmal im Herbst.

Probefl. 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 30). 14. VI. 1927 (2 Indiv.).

Von dem unterirdischen Stengel, der im oberen Torfe wächst und sich verzweigt, gehen ziemlich kurze, braune, verzweigte Wurzeln in den Torf und in das lebendige Moos. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm. Die Dicke der Wurzeln I. Ordn. beträgt meistens 0.24—0.28 mm, die II. u. III. Ordn. 0.06—0.12 mm. Der Zentralzylinder ist schwach entwickelt. Um die Wurzeln finden sich reichlich Pilzmycelien, die meistens einzellige verzweigte Pilzhyphen sind; einige von den Hyphen sind mehrzellig.

Probefl. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 7. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Der unterirdische, rhizomähnliche braune Stengel kriecht und verzweigt sich im oberen Torfe unter dem lebenden *Sphagnum*. Dicke des Rhizoms ca. 4—5 mm, sein abgestorbener, schwarzer Teil 2.5 mm dick. Die Wurzeln sind rötlichbraun, die tiefer im Torfe liegende ist schwarz. Die ganze gerade Länge des unterirdischen Stengels beträgt 1.5—2 m. Die Wurzeln gehen seitwärts in den Torf, Tiefe höchstens 20—25 cm. Von der Basis der an der Oberfläche emporsteigenden Sprosse gehen Wurzeln seitwärts und schräg abwärts in den Torf. Die Länge dieser Wurzeln beträgt 10—20 cm, sie sind braun und sehr verzweigt. Gröbste alte Wurzeln I. Ordn. 1.4 mm dick, 4—5 Jahre alt. Die höher im Moose und im obersten Torfe befindlichen Wurzeln sind 0.50— 0.74 mm dick. Die feinsten Wurzeln 0.03—0.06 mm dick. Wurzelhaare fehlen gänzlich. (Fig. 72).

Probefl. 7 (Reisermoorbülte, S. 31). 29. VII. 1929 (2 Indiv.).

Der im Torfe kriechende und verzweigte unterirdische Stengel ist 3—4 mm dick, er liegt teilweise in fast wagerechter Stellung, teilweise steigt er schräg aufwärts. Die gesamte Länge des unterirdischen Stengels war bei einem Indiv. 2.3 m. Davon gehen Wurzeln aus, und zwar sowohl von den im Torfe liegenden wie von den im Moose befindlichen Teilen. Die Wurzeln sind reichlich verzweigt.

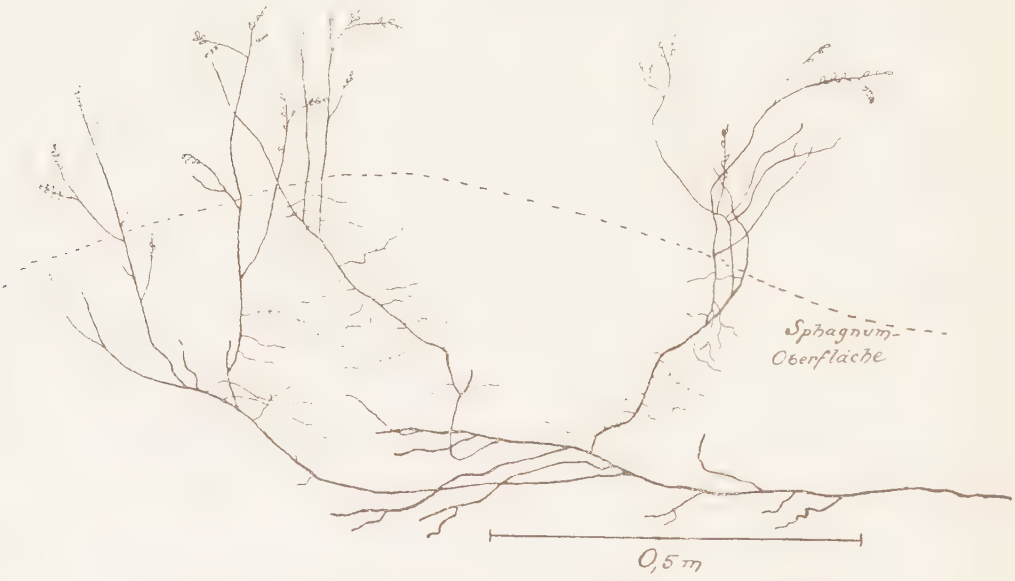


Fig. 72. *Cassandra calyculata.* Ein ganzes Individuum. Probefl. 8. 7. VIII. 1928.

Länge der Wurzeln I. Ordn. 8—15 cm, ihre Dicke sehr variabel, die meisten sind sehr dünn, 0.24—0.30 mm dick, einige 0.5—0.6 mm dick. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 5—8 cm. Die feinsten Wurzeln II. u. III. Ordn. sind 0.04 -0.06 mm dick. Um die feinsten Wurzeln treten feine Pilzhyphen auf, von denen die meisten einzellig und verzweigt, einige aber mehrzellig sind. Die Tiefe der Wurzeln ist variabel, am meisten Wurzeln gibt es in einer Tiefe von 20—30 cm.

Andromeda polifolia L.

Literaturangaben: Nach Frank (1887, S. 395—) gibt es in den Wurzeln endotrophe Mykorrhiza. Transeau (1906, S.

17—) hat dagegen in Michigan auf Torfmooren keine Verpilzung gefunden. Nach Höveler (1892, S. 306) sind die Wurzeln samt und sonderns endotrophisch verpilzt und ohne Wurzelhaare. Nach Keso (1908, S. 38—39 u. 1909, S. 39—41) sind die ältesten oberirdischen Stengeln 5—11-jährig, das höchste Alter des Wurzelstockes wechselt zwischen 10—17 Jahren. Die Jahrestriebe 3—10 cm lang .Am Rhizom entstehen zahlreiche Ausläufer. Schon in seinen ersten Sommer erhält der Ausläufer haarfeine Nebenwurzeln. Diese entstehen regelmässig in der Nähe der Niederblätter, etwas oberhalb derselben am Stamm. Sie können mehrere Jahre ausdauern, bleiben aber stets relativ sehr dünn. Der Durchmesser 4—8-jähriger Wurzeln bloss 0.5—0.75 mm. Nach Transeau (1906, S. 17—) verzweigen sich die Wurzeln in Sandbodenkultur viel reichlicher als in Unterlage von *Sphagnum*. Nach Kirchner (1923, S. 52) ist die Hauptwurzel reich verzweigt und früh verholzt. An den unteren Stammteilen werden im zweiten oder dritten Jahre zahlreiche dünne Beiwurzeln entwikkelt. Auch später werden in den Niederblattachseln an den Ausläufern dünne, reich verzweigte Beiwurzeln ausgebildet. Nach Kotilainen (1927, S. 68) ist *Andromeda polifolia* in bezug auf die Azidität des Torfbodens eurytop. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 389) streichen die feinen Würzelchen dieses Gewächses ungemein seicht. An dem weithin kriechenden Stengel sitzen ihrer nur wenige, die aber dafür sehr fein verteilt sind. Das Ende der Stämmchen erhebt sich. Die Wurzeln verlaufen nach dem Gesagten in den am meisten zur Säuerung neigenden Bodenschichten. Die Pflanze ist daher auch auf wenig sauren Böden verbreitet, ohne indes die starke Säuerung zu fliehen. Die Bodentiefe von 10 cm wird kaum erreicht.

P r o b e f l. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 14. VI. 1927 (2 Indiv.).

Das R h i z o m liegt ganz in der Nähe der Oberfläche; von ihm gehen Assimilationssprosse aufwärts. Die längsten Stengel, der unterirdische und oberirdische Teil zusammengerechnet, sind über 1.5 m lang. Von dem Rhizom gehen reichlich verzweigte Wurzeln in den Torf; deren Tiefe meistens 0—10 cm, die maximale Tiefe ist 10—15 cm. Die Verzweigung der Wurzeln ist gleich der bei der vorigen Art. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.24—0.28 mm. Dicke der feinsten Wurzeln II. u. III. Ordn. 0.08—0.10 mm. Die untersuchten Individuen hatten weniger Pilzhyphen als die vorige Art. Die

Rindenzellen der Wurzeln sind dünnwandig, die Rinde löst sich leicht los.

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 7. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das R h i z o m liegt tiefer im Torfe als auf der vorigen Probefläche, es verzweigt sich und bildet Ausläufer. Dicke des Rhizoms 1.2—1.7 mm. Von dem Rhizom gehen schon in dem Moos feine, verzweigte Wurzeln aus, die in das Moos und in den Torf dringen. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt 7—12 cm, die Dicke 0.32—0.36 mm, die Dicke der Wurzeln II. u. III. Ordn. 0.08—0.10 mm. Die Wurzeln III. Ordn. sind nur einige Millimeter lang. Die Wurzeln reichen bis in eine Tiefe von 20—30 cm, die meisten Wurzeln gehen jedoch von den jüngeren unterirdischen Stengeln im oberen Torfe aus. Pilzhyphen kommen vor, aber nicht besonders reichlich.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 29. VII. 1929 (2 Indiv.).

Der lange Wurzelstock kriecht und verzweigt sich im C-S-Torfe, meistens in einer Tiefe von 5—15 cm. Die tiefer liegenden Teile des Rhizoms sind meistens schwarz und verfault. Die Tiefe der Wurzeln ist je nach der Lage des Rhizoms verschieden, die grösste Tiefe beträgt 15—20 cm. Wurzeln gibt es auch am Basalteil des lebenden Mooses.

Myrtillus nigra Gilib.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Höveler (1892, S. 306) sind die Wurzeln bei *Vaccinium myrtillus, V. vitis idaea, V. uliginosum* u. *V. oxycoccus* samt und sonders endotrophisch verpilzt und ohne Wurzelhaare. Nach Stahl (1900, S. 603, 605) entwickelt die Oberhaut nicht ein einziges Wurzelhaar. Der entophyte Pilz nistet sich ausschliesslich in den weiten Epidermiszellen der sehr langen, haardünnen Wurzeln ein. Diese Art kann auch völlig pilzfrei gedeihen. Nach Keso (1908, S. 19) entstehen Nebenwurzeln am Ausläufer bereits im ersten Jahre in den Blattachseln dicht unterhalb der Knospe. Sie sind anfangs haarfein und werden auch später nicht besonders dick; eine 20-jährige Nebenwurzel hatte z. B. nur einen Durchmesser von 2.25 mm. Der längste der gemessenen unterirdischen Ausläufer war 15.5 cm. Der Durchmesser der jungen Ausläufer beträgt gewöhnlich 1.25—2 mm. Mit dem Rhizom messen die Stämme der längsten Reiser 183—169 cm. Nach Kujala (1926, S. 24—33) ist die maximale

Länge des Rhizoms ugf. 2 m. Das Rhizomsystem ist sympodial. Das Rhizom der Heidelbeere ist verzweigter und gewundener als das der Preiselbeere. Die Dicke des Rhizoms schwankt mehr als bei dieser. Das Wurzelsystem ähnelt dem der Preiselbeere. Jedoch besitzt die Heidelbeere in den älteren Teilen des Rhizoms zahlreiche und längere dicke Wurzeln. Meist läuft die kräftigste Wurzel unmittelbaar unterhalb der Verzweigungsstelle aus, weshalb die einzelnen grünen Stengel fest im Boden verwurzelt und kürzesten Weges mit den tieferliegenden Bodenschichten verbunden sind. An aufwärtsgerichteten Stengeln finden sich weniger ins Moospolster verlaufende feine Wurzeln als bei der Preiselbeere. Die Heidelbeere hat dagegen zahlreiche und tiefer in den Mineralboden eindringende Wurzeln als die Preiselbeere. Nach MATTERN (1928, S. 76—77) erweckt das Wurzelsystem den Eindruck von intensiver Durchdringung eines nicht zu weitgehenden Bodenareals. Die Bearbeitung erstreckt sich nicht auf die Resorption des Wassers und der darin gelösten Salze, sondern auf eine gute Durchdringung des Bodens mit Hilfe endotropher Mykorrhiza. Die Wurzeln sind voll von Pilzen und entbehren der Wurzelhaare. Eine irgendwie bedeutende Wasseraufnahme ist nur an den unverpilzten Spitzen der Wurzeln möglich. Nach VOSS u. ZIEGENSPECK (1929, S. 397) sind die Wurzeln im Winter sehr stark verpilzt. Es bleiben nur wenige Wurzelteile zur Wasseraufnahme im Winter fähig. Nach VOSS (1929, S. 176) ist das Wurzelwerk fein verzweigt, ohne Wurzelhaare, aber mit reicher Verpilzung. Die feine Verteilung der Wurzeln soll die Aufnahme der Pilze begünstigen.

Probefl. S. (*Cassandra*-Moor, S. 31). 11. VI. 1927. (2 Indiv.).

Länge des Rhizoms 1—1.5 m, der älteste Teil 1.5—2 mm dick. Es kriecht und verzweigt sich in vielen Zweigen in dem Torfe. Länge der jungen Rhizomsprosse 11—18 cm. Der grösste Teil des Rhizoms und dessen Zweige liegen in fast wagerechter Richtung ca. 10 cm tief im Torfe, wovon einige der Zweige aufwärtssteigen und sich zu oberirdischen Sprosse entwickeln. Die dicksten und verzweigtesten Wurzeln entspringen den Verzweigungsstellen des Rhizoms. Die Dicke dieser Wurzeln ist 0.5—0.7 mm, ihre Länge 24—37 cm. Viele von diesen Wurzeln sind gewunden. Die maximale Tiefe der Wurzeln beträgt 30—45 cm. Von den jüngeren, schliesslich aufwärtssteigenden Rhizomsweigen gehen feinere Wurzeln aus, deren

Dicke 0.20—0.26 mm beträgt. Die Wurzeln sind ziemlich spärlich verzweigt. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. ist 0.12 mm, der III. Ordn. ca. 0.08 mm. Wurzelhaare fehlen. Die Rindenzellen der Wurzeln sind dünnhäutig. Stellenweise gibt es in den feineren Wurzeln reichlich Pilzhyphen, doch weniger als bei der Preiselbeere. Viele von den Pilzhyphen um die Wurzeln sind mehrzellig.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S, 32). 16. VIII. 1929. (2 Indiv. in den Profilen).

Das Rhizom wächst fast wagerecht in der Nähe der Oberfläche, etwa 2—4 cm tief im Torfe. Die Länge des hervorpräparierten Rhizoms bei einem Indiv. 182 cm. Das Rhizom verzweigt sich an der oberen Teil in vier Zweige. Spärlich verzweigte Wurzeln gehen fortwährend von ihm aus. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. beträgt 5—10 cm, sie gehen meistens schräg abwärts in den Torf, die Tiefe schwankt von 0—10 cm. Dicke 0.20—0.22 cm. Von dem ältesten Teil des Rhizoms geht da, wo der oberirdische Spross emporsteigt, eine längere und dickere, ca. 20 cm tief reichende Wurzel aus, an deren Spitze sich ziemlich reichlich verzweigte Wurzeln II. Ordn. befanden. Die längsten von diesen Wurzeln II. Ordn. sind ca. 10 cm lang.

Myrtillus uliginosa (L.) Drej.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 306) siehe die vorige Art. Nach Stahl (1900, S. 603) sind die Wurzeln ohne Wurzelhaare. Nach Keso (1908, S. 24) entstehen junge Ausläufer nur relativ spärlich und nur unmittelbar an dem oberen Teil des Rhizoms. Die Hauptwurzel lebt sehr lange, z. B. 31 Jahre, und ist dann ca. 16 mm dick. Nebenwurzeln bilden sich an dem der Erde angeschmiegten Stamme sehr bald und zahlreich, auch wenn die Hauptwurzel noch am Leben ist. Die stärkste Nebenwurzel war 14.5 mm dick und 19 Jahre alt. Nach Kirchner (1923, S. 114) werden in den Niederblattachseln der Ausläufer, oberhalb der Knospen, dünne, reich verzweigte Wurzeln gebildet. Nach Kotilainen (1927, S. 65 steht das Wurzelsystem dieser Art nicht mehr in Berührung mit den niedrigsten, wenig saueren Schichten der Bülten. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 398) ist das Wurzelwerk dicht verzweigt, aber seicht streichend. Durch das seichte Wurzelwerk scheint sie auf wenig saueren Böden zu gedeihen, aber das stimmt nicht, denn gerade

vorher wurzelt ja auch diese Pflanze in den obersten und also auch den sauersten Schichten.

P r o b e f l. 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 14. VI. 1927 (2 Indiv.).

Die Wuchsart und Verzweigung des Rhizoms wie bei *Myrtillus nigra*. Länge des Rhizoms über 1 m; Dicke 2.0—2.5 mm. Die Wurzeln sind reichlicher verzweigt als bei *Myrtillus nigra*. Die Wurzeln kriechen im Torfe. Pilzhyphen gibt es um die feinsten Wurzelzweige, aber nicht besonders dicht. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.40—0.50 mm, II. Ordn. 0.16—0.20 mm, III. Ordn. 0.08 mm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 10—20 cm lang, Tiefe 15—25 cm.

P r o b e f l. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 7. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das braune Rhizom 75 u. 110 cm lang, Dicke 2.42—2.80 mm. Von dem Rhizom gehen 4—8 cm lange Wurzeln in den Torf, Tiefe 20—25 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.36 0.60 mm. Die Spitze der jungen Wurzeln ist weiss, die Dicke der feinsten Wurzeln 0.06—0.08 mm. Wurzelhaare fehlen, Pilzhyphen dagegen in den dünnen Wurzeln.

Vaccinium vitis idaea L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Höveler (1892) siehe *Myrtillus nigra*. Nach Sylvén (1906) scheint die Hauptwurzel bei *V. vitis idaea* lange auszudauern. An den Ausläufern gehen Beiwurzeln von den Achseln der Niederblätter, $^1/_2$—1 mm oberhalb der Achselknospe aus. Die Wurzeln sind in den Blattachseln, wo ein Ausläufer ausgeht, länger, kräftiger und gewöhnlich weniger verzweigt als dort, wo ein solcher fehlt. Auch vom untersten Teil des Lichtsprosses gehen dünne verzweigte Wurzeln aus. Nach Keso (1908, S. 26—27) ist das Rhizom immer dünn, gewöhnlich nur 1.5—2.5 mm stark. Ausläufer entstehen an dem Rhizom in grosser Menge, sie sind weiss. Die längsten Ausläufer können mehrere Dezimeter lang werden. Oberhalb der Achselknospe der schuppenartigen Niederblätter des Ausläufers entstehen vielfach verzweigte, haarfeine Nebenwurzeln schon im ersten Jahre. Die ältesten waren 7- 12-jährig. Ihr Durchmesser variierte zwischen 0.75 und 1.25 mm. Vermöge seiner Nebenwurzeln ist der Ausläufer bald imstande, unabhängig von seinem Mutterstamm weiterzuleben. Nach Kujala (1926, S. 14) verläuft das sich monopodial verästelnde Rhizom, dessen lebendiger Teil oft über 2 m lang wird,

gewöhnlich in nur 2—3 cm Tiefe im Rhizomtorf und macht im allgemeinen recht wenig Windungen. Das Rhizom kann jährlich ca. 10 cm in die Länge wachsen. Schon im ersten Jahre bilden sich in den Achseln der Blattschuppen des Rhizoms zarte Wurzeln. In den älteren Rhizompartien sind einige dieser Wurzeln weiterhin zu dikkeren und längeren, verholzten, sich schlängelnden Wurzeln geworden, die im Sandboden bis zu 20 cm Tiefe leicht verfolgt werden können. Deren finden sich jedoch in jedem Rhizom nur einige, während kleinere, reich- und feinverästelte, im wesentlichen im Rhizomtorf verbleibende Wurzeln recht reichlich vorhanden sind. Solche Wurzeln verlaufen auch von den aufwärts gerichteten grünen Sprossen u. a. nachder von den abgestorbenen Grundteilen der Moose gebildeten halbverfaulten Rohtorfschicht. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 395) ist die Mykodermis hier im Frühjahr ganz dicht mit Pilzen erfüllt. Ein grosser Teil der Zellen führt verballte Pilze. Daneben sind noch Wurzelstellen vorhanden, die eine reiche Besiedelung mit noch nicht angegriffenen Endophyten aufweisen. Ja, es hat den Anschein, als ob noch unverpilzte junge Wurzelteile vorhanden wären. Nach Voss (1929, S. 175) ist das Wurzelwerk dem von *Calluna vulgaris* ungemein ähnlich ausgebildet. Es erfolgt eine feinste Durcharbeitung des Bodens. Pilzhyphen reichlich.

P r o b e f l. 7 (Reisermoor-Bülte, S. 31). 14. VI. 1927 u. 22. VI. 1929 (2 u. 2 Indiv.).

Das lange Rhizom kriecht ausläuferbildend im oberen Teile des Torfes fast in der Richtung der Oberfläche der Bülte. Länge der hervorgegrabenen Rhizome 60—142 cm. Vom Rhizom gehen Assimilationssprosse aufwärts. Wurzeln gehen sowohl von dem älteren Teile des Rhizoms als von dessen jüngeren Teilen aus. Die dicksten und längsten Wurzeln sind am Basalteil der oberirdischen Sprossen. Die Länge dieser Wurzeln beträgt 15—20 cm, ihre Dicke 0.3—0.5 mm. Tiefe 15 25 cm. Viele von diesen Wurzeln sind sehr gewunden. Die von den älteren Teilen des Rhizoms ausgehenden Wurzeln sind dicht und reichlich verzweigt; Dicke dieser Wurzeln ca. 0.28 mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.10 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.06 mm. An den dünnsten Wurzeln gibt es stellenweise durch Mykorrhiza angeschwollene Stellen und um die Wurzeln reichlich mehrzellige, verzweigte Pilzhyphen. (Fig. 73).

P r o b e f l. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 7. VIII. 1928 (4 Indiv.).

Von dem Rhizom, das im N-(Po-)S-Torf in der Nähe der Oberfläche, ca. 2—4 cm tief, stellenweise ganz in der Torfoberfläche läuft, gehen Assimilations- und Fruktifikationssprosse aufwärts. Einige der Sprosszweige sind jung, hellspitzig, und aus ihnen entwickeln

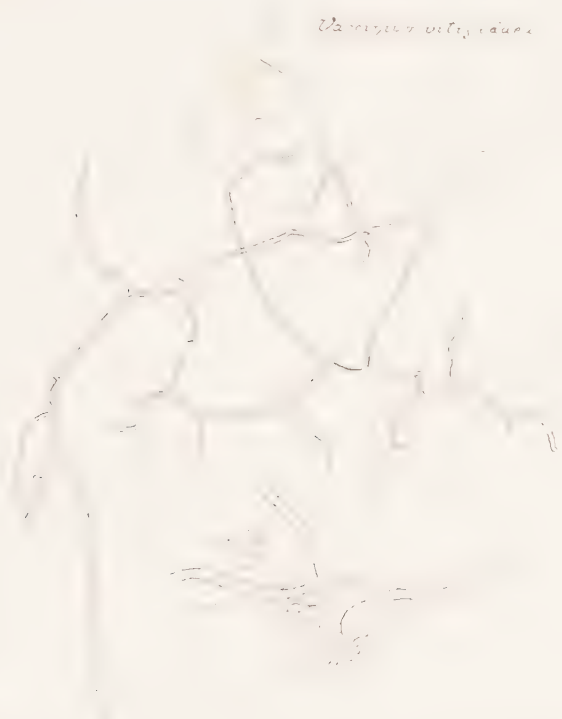


Fig. 73. *Vaccinium vitis idaea.* Wurzelverzweigung. Probefl. 7. 14. VI. 1927.

sich später Assimilationssprosse. Länge der Rhizome 50—110 cm, Dicke 1.2—1.7 mm. Schon in dem Moose gibt es an dem aufwärtssteigenden Teile des Rhizoms dünne, kurze Wurzeln, die reichlich in Wurzeln II. u. III. Ordn. verzweigt sind. Die Länge dieser Wurzeln beträgt 2—10 cm, ihre Dicke 0.21—0.28 mm. Wurzeln II. u III. Ordn. 0.03—0.10 mm dick. Tiefer im Torfe gehen von dem älteren Teile des Rhizoms längere und etwas dickere Wurzeln aus, deren Dicke 0.37—0.42 mm beträgt. Ihre Seitenwurzeln sind 0.05—0.16 mm dick. Die Länge dieser dickesten Wurzeln I. Ordn. beträgt 6—17

cm. Die Länge der Jahrestriebe des Rhizoms ist 8—17 cm. Wurzelhaare fehlen gänzlich; Pilzhyphen wie auf der vorigen Probefläche. Einige von den dünnen Wurzeln II. u. III. Ordn. sind wegen der Mykorrhiza angeschwollen. Am reichlichsten gibt es Wurzeln im Moose und in dem Oberflächentorf, 0—10 cm tief, einige von den gröbsten Wurzeln stossen 15—20 cm tief.

P r o b e f l. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 31). 27. VII. 1928. (Profil.)

Das Rhizom liegt 0—10 cm tief, ebenso auch die meisten Wurzeln; einige Wurzeln 10—20 cm tief.

Oxycoccus paluster Pers.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Höveler (1892, S. 306) sind die Wurzeln samt und sonders endotrophisch verpilzt und ohne Wurzelhaare. Nach Warming (1884) können die dünnen Wanderungssprosse mindestens ein Jahr auf *Sphagnum*-Decke kriechen, ohne durch Beiwurzeln befestigt zu werden, zuletzt werden aber, besonders wenn sie von *Sphagnum* überwachsen sind, gleich oberhalb der Knospen zahlreiche haarfeine, reich verzweigte Beiwurzeln entwikkelt.

Nach Keso (1908, S. 31—32) bekommen die Stämme schon ganz jung, gewöhnlich 2—3-jährig, Nebenwurzeln. Die Nebenwurzeln entspringen regelmässig in den Blattachseln, oberhalb der Knospe. Die jungen Nebenwurzeln sind haarfein und reich verzweigt. Auch älter werden sie kaum stärker. Nach Keso (1909, S. 42) wird das Rhizom älter als der oberirdische Stamm. Nach Kirchner (1923 S. 121) scheint die Hauptwurzel bei *O. paluster* und *O. microcarpus* bald abzusterben. Beide Arten besitzen Pilzhyphen. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 393) ist das Wurzelwerk ziemlich spärlich und streicht sehr seicht von dem kriechenden Rhizom in den Boden.

P r o b e f l. 4 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 30). 14. VI. 1927 (3 Indiv.).

Das Rhizom ist 50—85 cm lang, es kriecht an der Grenze zwischen dem Moose und dem Torf. Von dem Rhizom steigen viele Sprosse aufwärts. Sowohl von dem wagerechten Rhizom als von dessen schräg aufwärts steigenden Sprossen gehen ziemlich reichlich verzweigte Wurzeln aus, von denen einige abwärts in den Torf, einige

nach verschiedenen Seiten in das Moos wachsen. Die Länge der Wurzeln I. Ordn. ist variabel, 2—12 cm, Dicke 0.16—0.20 mm, Tiefe 5—10 cm. Die Dicke der Wurzeln II. u. III. Ordn. beträgt 0.06 –

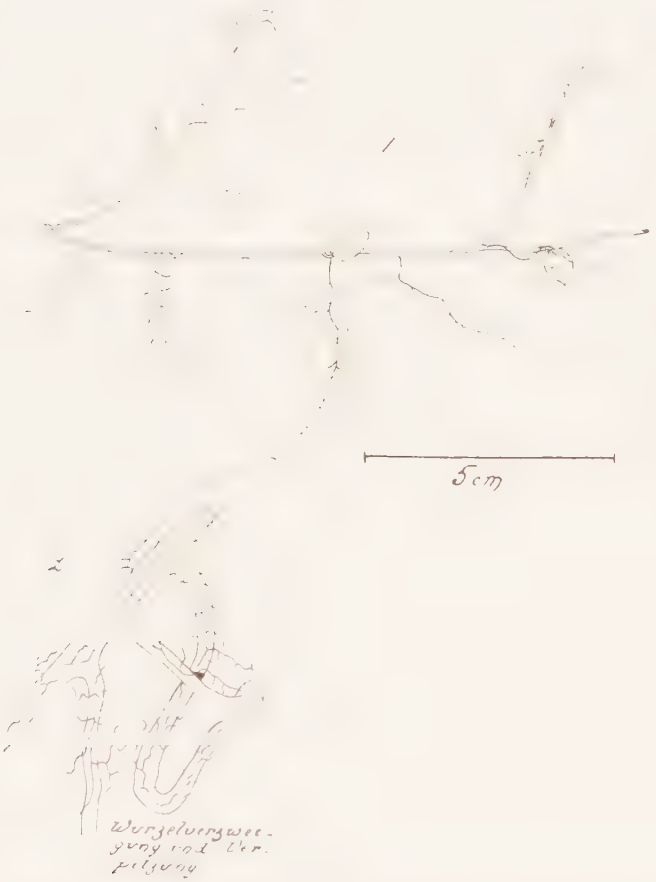


Fig. 76. *Oxycoccus paluster*. Ein Teil des Wurzelsystems. 1. Probefl. 94. 23. VIII. 1928; 2. Probefl. 4. 14. VI. 1927.

0.08 mm. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. ist höchstens 3 cm, des öfteren nur einige Millimeter. Die Wurzeln II. u. III. Ordn. besitzen ungemein reichlich Pilzhyphen, die sehr verzweigt und mehrzellig sind und deren es sowohl an den Wurzeloberflächen als in den Wurzeln gibt. Die Wurzelhaare fehlen gänzlich. (Fig. 76, 2).

Probefl. 9 *Cassandra*-Moor, S. 32). 7. VIII. 1928. (2 Indiv.).

Das gelbbraune Rhizom ist ca. 0.8 mm dick und verzweigt sich in viele Zweige. Die Länge der Jahrestriebe beträgt 16—28 cm. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind ca. 20 cm lang, 0.30—0.32 mm dick, die feinsten Wurzeln III. Ordn. 0.03 mm dick. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm.

Probefl. 94 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 23. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Länge der ausläuferbildenden Rhizome 50—60 cm, sie wachsen im Moose. Von dem Rhizom gehen aufwärtssteigende Assimilationssprosse aus, die auch in das Moos wachsende Wurzeln besitzen. Dicke der in den Torf wachsenden Wurzeln 3—6 cm, Tiefe 5—10 cm. Die Wurzeln besitzen meistens nur einfache Wurzeln II. Ordn., nur einige von ihnen haben ganz kurze Wurzeln III. Ordn. Dicke der WurzelnI. Ordn. 0.24—0.28 mm. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 0.5—2 cm, ihre Basaldicke 0.12 mm, Dicke in der Mitte 0.10 mm, Spitzendicke 0.08 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.06—0.08 mm. (Fig. 74, 1).

Probefl. 56 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928 (1 Indiv.).

Das schwarze Rhizom kriecht im *Scorpidium*, Länge 32 cm. Davon steigen wie auch vom Rhizom oberirdische Sprossen auf, von denen feinverzweigte, dunkelbraune Wurzeln in das Moos gehen. Die Länge der von dem Rhizom ausgehenden Wurzeln beträgt 7—8 cm, ihre Dicke 0.16—0.20 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.09—0.12 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.05—0.08 mm. Tiefe der Wurzeln 2—5 cm. Wurzelhaare fehlen. Die Wurzeln sind stellenweise reichlich mit Pilzhyphen versehen.

Probefl. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 23. VI., 22. VII. 1929 (Profil).

Die Rhizome und Wurzeln liegen 0—5 cm tief.

Probefl. 1 (Seggenreisermoor, S. 29). 22. VI. 1929 (2 Indiv.).

Der Stengel kriecht im Moose. Dicke des Rhizoms 0.87—0.93 mm. Beinahe alle Wurzeln liegen im Moose und sind reichlich verzweigt. Einige Wurzeln wachsen ganz an der Oberfläche des Torfes, Tiefe 5—10 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—5 cm, Dicke 0.18 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.10 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08 mm. Die Wurzeln sind gelbgrün, sie besitzen reichlich Pilzhyphen sowohl um die Wurzeln als in denselben.

Oxycoccus microcarpus Turcz.

Literaturangaben: Siehe die vorige Art. Kotilainen (1927, S. 68) nimmt an, dass sich *O. microcarpus* saureren Torfboden wählt, während *O. paluster* das Gegenteil vorzieht.

Probefl. 65 (anmooriger Wald, S. 44). 10. X. 1927 (3 Indiv.).

Das ausläuferbildende Rhizom kriecht im Moose an der Oberfläche, Länge 52—66 cm, Dicke 0.37—0.56 mm. Von dem Rhizom gehen viele zarte und dicht verzweigte Wurzeln aus, deren Länge 3—4 cm beträgt, Dicke 0.08—0.10 mm. Tiefe höchstens 5 cm. Dicke der Wurzeln II. und III. Ordn. 0.05 mm. Die Wurzeln besitzen reichlich Pilzhyphen, die mehrzellig sind.

Probefl. 67 (Braunmoor, S. 44). 7. X. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom kriecht wie auch auf der vorigen Probefläche im Moose nahe der Oberfläche und verzweigt sich in viele Zweige, von denen einige wagerecht liegen, andere aufwärts aus dem Moose steigen. Wurzeln gehen sowohl von dem wagerechten Teile als von den aufwärtssteigenden Teilen des Rhizoms aus. Die längsten beobachteten Wurzeln I. Ordn. 6—9 cm lang, 0.09—0.10 mm dick. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.05 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.02—0.03 mm. Tiefe der Wurzeln 2—5 cm.

Probefl. 84 (kurzhalmiges Weissmoor, S. 48). 8. VII. 1929 (3 Indiv.).

Länge des Rhizoms 50—75 cm, es kriecht im Moose, Dicke 0.4—0.5 mm. Die Wurzeln wachsen im Moose und ganz im Oberflächentorf. Sie sind reichlich verzweigt. Gerade Länge der Wurzeln I. Ordn. 3—6 cm, Dicke 0.18—0.19 mm. Tiefe der Wurzeln 2—5 cm. In den feinsten Wurzeln gibt es reichlich Pilzhyphen.

Probefl. 87 (Rosmarinkrautmoor, S. 48). 8. VII. 1929 (2 Indiv.).

Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.07—0.08 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.03—0.04 mm. Um diese Wurzeln sind reichlich Pilzhyphen geschlungen.

Probefl. 7 (Reisermoorbülte, S. 31). 22. VI. 1929 (3 Indiv.).

Länge der Rhizome 46—73 cm, Dicke 0.43 mm. Gerade Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—7 cm, Dicke 0.18 mm, Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.06 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.04—0.05 mm. Es gibt auch einige Wurzeln IV. Ordn. Reichlich Pilzhyphen.

P r o b e f l. 7 8 (Grossseggen-Weissmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (2 Indiv.).

Der ausläuferbildende Stengel kriecht an der Grenze zwischen dem Moos und dem Torf, teilweise fast an der Moosoberfläche, Länge 40—56 cm, Dicke 0.40—0.46 mm. Fast alle Wurzeln liegen in dem Moose, Tiefe höchstens 5 cm. Verzweigung und Dicke der Wurzeln wie auf der vorigen Probefläche. Die Pilzhyphen sind mehrzellig.

P r o b e f l. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 23. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Die Länge des hervorgegrabenen, im *Sphagnum fuscum*-Torfe kriechenden Rhizoms beträgt 68 cm, seine Dicke 0.37—0.48 mm. Von dem Rhizom gehen Ausläufer aus, von denen einige aufwärts, andere wagerecht seitwärts in das Moos wachsen und einige sich zu oberirdischen Assimilationssprossen entwickeln. Die Wurzeln sind reichlich verzweigt und gehen nach verschiedenen Seiten in das Moos. Die gerade Länge der Wurzeln ist 2—6 cm.

Auf den Standorten von *Oxycoccus paluster* war die pH: Probefl. 3 pH 4.79, Probefl. 4 pH 5.10, Probefl. 94 pH 4.05. Auf den Standorten von *O. microcarpus* ist die pH nur auf der Probefl. 67 bestimmt, und sie war 6.30.

Calluna vulgaris (L.) Salisb.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Höveler (1892, S. 306) ist *Calluna vulgaris* endotrophisch verpilzt und wurzelhaarfrei. Nach Stahl (1900, S. 603) sind die Wurzeln ohne Wurzelhaare. Nach Sylvén (1906) wird durch das Hypokotyl und die Hauptwurzel ein früh verholztes, kräftiges und reich verzweigtes primäres Wurzelsystem gebildet. Die Hauptwurzel kann eine erhebliche Dicke erreichen und bildet ein dichtes Geflecht in der Nähe der Erdoberfläche. Nach Keso (1908, S. 42—43) ist die Hauptwurzel für den Heidestrauch von grosser Wichtigkeit, zumal da er oft auf sehr spärlich humusbedeckten, fast nackten Felsen wächst. Der Durchmesser der Hauptwurzel war bei einem 32-jährigen Individuum 19 mm, die dicksten Zweige der Hauptwurzel waren 29 und 31 Jahre. Doch bekommt, wo immer es die Verhältnisse gestatten, der kriechende Stamm sehr zahlreiche Nebenwurzeln. Nach dem Absterben der Hauptwurzel können sie diese vollständig ersetzen und leben wie diese recht lange weiter. Von den zwei untersuchten Nebenwurzeln war die eine schon 21, die andere 22 Jahre alt. Der Durchmesser der ersten betrug 2.25,

der der zweiten 2.75 mm. Nach KIRCHNER (1923, S. 135) stirbt der untere Teil der Pflanze in *Sphagnum* bald ab, wogegen sich im oberen Teil des Stammes, soweit er vom Moos umschlossen ist, Adventivwurzeln bilden. Die jungen Wurzeln sind sehr dünn und zeigen eine einfache Struktur. Nach KUJALA (1926, S. 36—41) hat *Calluna*, an Stellen auftretend, zu denen das Licht ungehindert Zutritt hat, das Aussehen eines dichten kleinen Strauches. Sie hat eine ziemlich starke Hauptwurzel, die mehrere Dezimeter tief in den Mineralboden eindringt. Adventivwurzeln hat ein Heidekrautindividuum von diesem Typ sehr wenig. Die im Waldschatten herangewachsenen, schlanken Heidekrautsprosse werden allmählich unter der Abfalldecke und in dem darum wachsenden Moose oder den Flechten vergraben und durch Adventivwurzeln im Boden befestigt. Nach KOTILAINEN (1927, S. 64) erstreckt sich das Wurzelsystem von *Calluna* bloss in die ganz an der Oberfläche befindliche Torfschicht. Nach Voss (1929. S. 174) sind die Wurzeln ungemein fein verzweigt. Sie durchsetzen den Boden in einer sehr intensiven Weise. Das Gebilde teilt sich in Langtriebe und Kurztriebe. Die Kurztriebe sind es, die den Boden als ganz feine Fadenwurzeln so sehr durchziehen. *Calluna* besitzt eine Mykorrhiza. Wurzelhaare sind nicht vorhanden.

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 5. VIII. 1928 (1 Indiv.).

Der Stengel verzweigt sich in der Bülte, und davon steigen Sprosse aufwärts. Von dem im Moose liegenden dicken Rhizomen gehen viele reichlich verzweigte Adventivwurzeln in das Moos und in den Torf. Tiefe der Wurzeln 10—15 cm, ausnahmsweise etwas mehr. Die Hauptwurzel fehlt. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. höchstens 0.5—0.7 mm. Die meisten von dem Rhizom ausgehenen Wurzeln sind dünner, ihre Dicke ist 0.16—0.28 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.06—0.08 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.04 -0.06 mm. An den Verzweigungsstellen der Wurzeln finden sich reichlich Pilzhyphen, von denen die meisten mehrzellig sind. Die Wurzelverzweigung ist der von *Ledum* ähnlich. Die Rindenzellen der Wurzeln sind dünnwandig.

P r o b e f l. 4 2 (OMT-Wald, S. 39). 8. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Alle untersuchten Individuen besassen eine deutliche und starke Hauptwurzel, an der einige dicke Seitenwurzeln nach verschiedenen Seiten entsprangen. Die Dicke der Hauptwurzel war bei einem Indiv. 8—10 mm und ihre Länge fast 50 cm. Diese drang jedoch nicht tief in den unter dem Torf befindlichen Mineralboden hinunter, son-

dern bog seitwärts in den sandgemischten Humus unter dem Torf ab. Von der Hauptwurzel gehen Wurzeln II. Ordn. von verschiedener Dicke aus, die sich noch verzweigen. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. beträgt höchstens 2—3 mm. Die meisten und auch die am reichlichsten verzweigten Seitenwurzeln gehen von dem obersten Teil der Hauptwurzel aus. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 20—23 cm lang. Dicke der Wurzeln IV. Ordn. 0.02—0.03 mm. Maximale Tiefe der Wurzeln 10—20 cm.

P r o b e f l. 1 5 (Bruchmoor, S. 33). 20. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Das untersuchte Individuum hat keine Hauptwurzel, sondern das Rhizom wächst sich verzweigend im oberen Teile des Torfes und in dem Moose, und davon gehen meistens feine und reichlich verzweigte Adventivwurzeln in den Torf und in das Moos. (Dicke des Torfes 0.3 m.) Die längsten Wurzeln I. Ordn. 15—18 cm lang. In den feinsten Wurzeln gibt es Pilzhyphen.

P r o b e f l. 6 9 (Multbeerbruch, S. 45). 16. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Die Hauptwurzel ist noch teilweise übrig, Basaldicke 2.5 mm mm und Länge 6—7 cm. Das Rhizom steigt schräg aufwärts und verzweigt sich, es ist höchstens 3 mm dick. Am Rhizom und dessen Zweigen entspringen Adventivwurzeln von verschiedener Dicke. Die gröbsten sind an der Basis ca. 1 mm, die feinsten 0.20—0.24 mm dick. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 18—22 cm lang, ihre Tiefe ist 15—20 cm. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 11—13 cm lang. Die von den im Moose liegenden Rhizomteilen ausgehenden Wurzeln sind am dünnsten, 0.16—0.26 mm dick, deren feinsten Zweige (III.) 0.03 mm dick.

P r o b e f l. 8 8 (Kolkmoor, S. 49). 8. VIII. 1929 (1 Indiv.).

Das untersuchte kleine Indiv. hatte eine deutliche, 8—9 cm lange Hauptwurzel, Basaldicke 3—4 mm. Von der Hauptwurzel gehen dicke Seitenwurzeln (II. Ordn.) fast wagerecht in das Moos und in den oberen Teil des Torfes, Tiefe 10—15 cm. Diese Wurzeln sind nicht besonders reichlich verzweigt.

Zur Vergleichung habe ich die Wurzelsysteme zweier *Calluna*-Individuen von einer trockener Sandheide untersucht (Oulu, Tuira 9. IX. 1929). Das eine Indiv. hatte eine kurze und dicke Hauptwurzel, die ca. 2 cm lang und 4.5 mm dick war und sich in zwei dicke Zweige verzweigte, die sich wiederum reichlich teilten. Die Länge

der Hauptzweige war 15 u. 20 cm. Dicke der dünnsten Seitenwurzeln 0.02—0.03 mm. Die Basaldicke der Hauptwurzel des zweiten Individuums war ca. 6 mm. Die Hauptwurzel wird bald dünner, so dass ihre Dicke 8 cm von dem Wurzelhals abwärts ca. 1 mm beträgt. Die ganze Länge der Hauptwurzel 14 cm, sie wuchs sich windend gerade abwärts in den Sand, und von ihr gingen mehrere Wurzeln II. Ordn. nach verschiedenen Seiten in den Sand. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 12—15 cm lang. Die Wurzeln III. u. IV. Ordn. gewunden. Das ganze Wurzelsystem viel stärker und in jeder Beziehung steifer als bei den auf Mooren und im Waldschatten wachsenden Individuen.

Trientalis europaea L.

Literaturangaben: Nach Brundin (1898, S. 98) werden die Rhizomzweige oft 30—40 cm lang, und sie sind vollständig wurzellos trotz des vordersten, kurzgegliederten, knollenförmig verdickten Teiles, an dem bald zahlreiche Adventivwurzeln wachsen. In den Rindenzellen des verlängerten Internodiums gibt es Stärke. Der vordere Teil des Rhizomzweiges, der mit Adventivwurzeln versehen ist, ist ca. 10 mm lang. Nach Kujala (1926, S. 99—101, mit Fig.) endet der Stengel im Erdinnern in einer knollenförmigen Verdickung, von der reichlich spärlich verzweigte Wurzeln in den Humus auslaufen. Ausserdem schickt dieser unterirdische Stengel regelmässig zwei schlanke, langgegliederte, mit Niederblättern versehene Rhizomsprosse aus, die gewöhnlich eine Länge von 6—7 dm erreichen. An der Spitze der Rhizomzweige bildet sich eine ähnliche knollenförmige, mit Adventivwurzeln versehene Verdickung wie an der Basis der Muttersprosse. Bei näherer Prüfung des Mutterindividuums kann man am unteren Ende des Rhizomknollens den abgestorbenen Rest der schlanken, wurzellosen Rhizompartie beobachten. Hiernach zu schliessen, stirbt diese schon zeitig im Frühjahr ab. Der knollenartige Teil geht beim Verwelken des Assimilationssprosses im Herbst ein, so dass ein jedes *Trientalis*-Individuum nur ein Jahr lebt und immer als isoliertes, mit zwei Verjüngungsrhizomen versehenes Individuum auftritt.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 15. VII. u. 23. VIII. 1927 (4 Indiv. zus.).

Stengelbasis ca. 6 cm tief im Moose. Von dem knollenförmig an-

geschwollenen Basalteil des Stengels gehen dünne Adventivwurzeln nach allen Seiten in den Torf und das Moos. Die Länge der Wurzeln beträgt 1—9.6 cm, ihre Dicke 0.4—0.6 mm, ihre Tiefe 5—12 cm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.15—0.16 mm. Die Epidermiszellen sind klein, die darunter liegenden Exodermiszellen etwas grösser; darunter befindet sich eine Rinde aus 5 Schichten 6-eckiger Zellen und mit ganz kleinen Interzellularräumen. In den Rindenzellen reichlich Stärke. Die Wurzeln sind meistens unverzweigt, an den

Fig. 77. *Trientalis europaea*. Probefl. 13. 23. VIII. 1927.

älteren Wurzeln sitzen jedoch einige Wurzeln II. Ordn. von 0.18—0.24 mm Dicke. Die längste Wurzel II. Ordn. 4.5 cm lang. Die Wurzeln sind reichlich mit Wurzelhaaren versehen, deren Länge 0.15—0.20 mm beträgt. An der Vorderspitze des knollenartigen unterirdischen Stengels wachsen zwei, bei einigen Individuen drei weisse unverzweigte Rhizomzweige, die an der Oberfläche des Torfes kriechen. Länge dieser Rhizomzweige (15. VII.) 28.3 und 29.2 cm. Bei einem anderen Individuum waren sie 23.4 und 24 cm, bei einem dritten 18.5 u. 28 cm lang. Diese Rhizomzweige besitzen Niederblätter. Bei am 23. VIII. untersuchten Individuen war die Länge der Rhizomzweige eines Individuums 51 u. 61 cm, bei einem anderen 24, 37 u. 68 cm. Die Spitze der Rhizomzweige war damals knollenförmig angeschwollen, ihr oberes Ende war aufwärts gekrümmt, und daraus war eine Knospe entstanden, die im folgenden Jahre den oberirdi-

schen Spross entwickelt. Die jungen Wurzeln dieser Verjüngungsrhizome 0.5—0.6 mm dick, also etwas dicker als die Wurzeln des im Sommer 1927 blühenden Individuums. Länge der Wurzeln (23. VIII.) 10—49 mm, die meisten 20—28 mm lang. Ein Verjüngungsrhizom hatte 19 Wurzeln, ein anderes 20 Wurzeln, bei diesem war die zusammengerechnete Länge der Wurzeln 38.8 cm. Dehnbarkeit des Rhizomsprosses 5—10 %. Der tägliche (24 Stunden) Zuwachs beträgt 0.57—1.0 cm. (Fig. 77).

P r o b e f l. 4 8 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 17. VI. 1929 (1 Indiv.).

Rhizom 4—5 cm tief; die Wurzeln im A-C-Torf, 5—10 cm tief. Die längsten Wurzeln 6—8.5 cm lang, 0.3 mm dick. Aussenwand der Epidermis etwas verdickt, unten eine dünnwandige Exodermis, darunter 3—4 Zellschichten in der Rinde, die Stärke enthält Zentralzylinder 0.06 mm. Die Gefässe in der Mitte zusammenstossend, 7—8 St. Länge der Rhizomzweige 2.5 u. 6.5 cm.

P r o b e f l. 1 0 (Reisermoorbülte, S. 32). 23. VI. 1929 (1 Indiv.).

Der Basalteil des blühenden Stengels mit dem Rhizom liegt 7 cm tief im *Sphagnum*. Dicke des Rhizoms 0.68—0.70 mm. Die daraus entspringenden Wurzeln 12—20 cm lang, 0.31 mm dick. Sie wachsen seitwärts und abwärts in das Moos und in den S-Torf, Tiefe der Wurzeln 15—25 cm. Von dem alten Rhizomzweig, an dessen Spitze sich die knollenartige Verdickung entwickelt hat, ist noch ein 17 cm langer Teil übrig. Die Wurzeln sind mit weissen Wurzelhaaren besetzt, deren Länge 0.12—0.37 mm beträgt. Einige Wurzeln besitzen Wurzeln II. Ordn. von 0.13—0.15 mm Dicke, Länge der Haare dieser Wurzeln 0.25 mm, 12—20 Haare pro 1 mm. An der Spitze der abgebrochenen Wurzeln I. Ordn. ist eine oft gleich dicke Wurzel II. Ordn. entstanden.

P r o b e f l. 1 4 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 20. VII. 1929 (1 Indiv.).

Von dem knollenartig verdickten Rhizom gehen 3 Rhizomzweige aus, deren Länge 30, 34 u. 38 cm ist. Von diesen Rhizomzweigen hatte einer noch einen Seitenzweig. Die Wurzeln sind spärlich verzweigt. Die längsten Wurzeln 13 cm lang. Das Rhizom und die Wurzeln an der Grenze zwischen dem lebenden Moose und dem Torf; Tiefe 5—10 cm.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 31. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die Rhizome liegen fast wagerecht an der Oberfläche des Torfes. Länge der Rhizomzweige 40—52 cm. An dem knollenartigen Rhizom entspringen Wurzeln, Länge 10—15 cm, Tiefe 5—10 cm.

P r o b e f l. 9 9 (ein Spanhaufen, S. 51). 25. VI. u. 17. VII. 1929 (4 u. 3 Indiv.).

Die meisten Individuen besitzen 2 Rhizomzweige, einige 4 Zweige. Länge der Zweige 10—11 cm. Die Rhizomzweige und Wurzeln kriechen im dünnen Humus zwischen den Spänen ca. 5—10 cm tief. Länge der Wurzeln I. Ordn. 10—13 cm, Dicke 0.37 mm. Wurzeln II. Ordn. gibt es vorzugsweise an den Spitzenteilen der Wurzeln, in dem dünnen Humus. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—4 cm. Von den am 17. VII. untersuchten Pflanzen hatte eine 4 Rhizomzweige, an deren einem noch 4 Seitenzweige auftraten. Auch der oberirdische Teil dieses Individuums war ungemein kräftig entwickelt, der Stengel war stark, fast verholzt. Ein Individuum hatte 3 Rhizomzweige, wovon einer mit noch 3 Zweigen. Die Länge dieses verzweigten Rhizoms war 35 cm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Der oberirdische Stengel geht von der knollenartigen Verdickung aus, die sich 4—7 cm tief im Moose oder im Torfe befindet. Aus der Vorderspitze dieses unterirdischen knollenartigen Stengels entspringen zwei, bisweilen drei Rhizomzweige, die sich im obersten Teile des Torfes hinschlängeln. Die Dicke dieser Rhizomzweige ist 1—1.5 mm, sie wachsen schnell, der tägliche Zuwuchs beträgt 0.5—1.0 cm, so dass sie am Ende der Wachstumsperiode 51—68 cm lang sind. Diese Rhizomzweige sind ohne Wurzeln und besitzen kleine Niederblätter. Nach Brundin ist die Länge der Rhizomzweige 30—40 cm, nach Kujala 60—70 cm. Im Spätsommer schwillt die Spitze der Rhizomzweige knollenförmig an, und daran entspringen einfache Adventivwurzeln. An der Vorderspitze des knollenförmigen Rhizomsprosses kommt eine Knospe hervor, aus der sich der oberirdische Spross des folgenden Jahres entwickelt. Die Rhizomzweige können sich auch verzweigen; auf der Probefläche 99 waren die Rhizomsprosse in 3 oder 4 Zweige verzweigt. Diese Pflanze vermehrt sich also intensiv vegetativ durch das Rhizomsystem. Dehnbarkeit der Rhizomzweige 5—10 %. Von der knollenartigen Verdickung gehen reichlich Wurzeln I. Ordn.

aus, deren Länge zwischen 1—20 cm schwankt; im lockeren S-Torf (Probefl. 10) sind die Wurzeln am längsten, 12—20 cm lang, im A-C-Torf (Probefl. 48) sind sie kürzer, 6—8.5 cm, sonst ist die gewöhnliche Länge 5—15 cm; Dicke der Wurzeln 0.3—0.6 mm. Die meisten Wurzeln sind unverzweigt, doch besitzen einige von ihnen an der Basisknolle einfache Wurzeln II. Ordn., deren Länge 2—4.5 cm und deren Dicke 0.12—0.24 mm beträgt. Wurzelhaare besitzen sowohl die Wurzeln I. als II. Ordn. Die Länge der Haare der Wurzeln I. Ordn. ist 0.12—0.37 mm, der Wurzeln II. Ordn. 0.25 mm. Wurzelhaare 12—20 St. pro 1 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.06—0.16 mm, in der Mitte 7—8 zusammenstossende Gefässe. Die Epidermiszellen sind klein, Aussenwand etwas verdickt. Die Exodermiszellen etwas grösser, dünnwandig, unten in der Rinde 3—5 Zellschichten, deren Zellen 6-eckig, die Interzellularräume ganz klein. In den Rindenzellen Stärke. Die jungen Wurzeln der Verjüngungsrhizome sind ganz unverzweigt, Dicke 0.5—0.6 mm. Tiefe der Wurzeln im allgemeinen 5—10 cm, auf der Probefl. 10 (Reisermoorbülte) 15—25 cm.

Lysimachia thyrsiflora L.

Literaturangaben: Nilsson (1885, S. 97, 223) erwähnt, dass von den Knoten des akropetal abgestorbenen Stengels bündelweise ziemlich kurze Wurzeln ausgehen, die reichlich dünne, fast unverzweigte Seitenwurzeln besitzen. Nach Brundin (1898, S. 55) trifft man bei dieser Art oft oben am Stengel ziemlich kurzgliedrige, schuppige, einige Zentimeter lange Propagationszweige, die sich leicht von der Mutterpflanze trennen und sich zu neuen Individuen entwickeln. Nach Freidenfelt (1904, S. 68) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.64 mm. In der Rinde 7—8 Zellschichten, von denen sich die Exodermis und die unmittelbar darunter liegende Schicht immer erhalten. Die Wände der Endodermis und des Kambiums sind teilweise verdickt. Im Hadromteil des Zentralzylinders gibt es weite Gefässe, Parenchymzellen und auch einige dickwandige Tracheiden. Die Dicke der Wurzeln II. Ordn. ist 0.24 mm. Die Epidermiszellen dieser Wurzeln sind klein, die Aussenwände sind verdickt, und Wurzelhaare fehlen. Die Rinde ist 3-schichtig, die äusserste der Schichten ist die Exodermis. In der Rinde Interzellularräume. In dem Zentralzylinder 1—2 grössere zentrale und oft 2

kleinere periphere Gefässe. Nach GLÜCK (1911, S. 47) vermehrt sich die Landform hauptsächlich mit Hilfe von unterirdischen, kurzen, stolonenartigen Trieben, die in sehr kurze Internodien gegliedert sind.

P r o b e f l. 3 4 (Überwachsungsmoor, S. 37). 15. VII. 1927 (2 Indiv.).

Der unterirdische Stengel setzt sich fast senkrecht abwärts durch das Moos und den Torf in das darunter befindliche Wasser fort. Dicke

Fig. 78. *Lysimachia thyrsiflora*. Probefl. 26. 10. VII. 1928. 1. Wurzel I. Ordn. Im *Sphagnum*.

des »Rhizoms» an der Basis ca. 6 mm, Länge 30—35 cm. Von dem unterirdischen Stengel gehen zwei weisse dicke Ausläufer aus, die schräg abwärts in den Torf wachsen, deren Länge 9—15 cm. Diese Ausläufer sind gegliedert, und später entwickeln sich an ihnen Wurzeln. In der Rinde der Ausläufer gibt es grosse ovale Interzellularräume, die von einer Schicht kleiner Zellen umgeben sind. Von den Knoten des »Rhizoms» gehen Adventivwurzeln nach verschiedenen Seiten in das Moos und in den Torf. Einige von diesen Wurzeln sind einfach, unverzweigt, einige besitzen einfache Wurzeln II. Ordn. Länge der Wurzeln I. Ordn. 13—16 cm, der Wurzeln III. Ordn. 1—3 cm. Die Tiefe der Wurzeln beträgt 10—30 cm.

P r o b e f l. 22 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 13. VII. 1928 (2 Indiv.).

Der längste Ausläufer bei einem untersuchten Individuum 41.5 cm lang. Die an den Ausläufern entspringenen Wurzeln sind anfangs unverzweigt, später besitzen sie einfache Wurzeln II. Ordn. Von jedem Knoten gehen 7—8 Wurzeln aus. Die längsten Wurzeln 11—12 cm lang. Die von dem Rhizom ausgehenden Wurzeln sind im *Sphagnum* und reichen bis in das Wasser, Länge 25—31 cm, Tiefe 15—20 cm.

P r o b e f l. 2 6 (Sumpfmoor, S. 35). 10. VII. 1928 (4 Indiv.).

Einige von den untersuchten Individuen wuchsen im *Sphagnum*, in dem stehenden Wasser,einige im langsam fliessenden, rosthaltigen Wasser. Die längsten Wurzeln I. Ordn. an der ersteren Stelle 10—11 cm lang, Basaldicke 0.62 mm, allgemeine Dicke 0.50—0.60 mm. (Fig. 78). Epidermis der Wurzeln I. Ordn. kleinzellig, Aussenwand etwas verdickt. In der Innenrinde Interzellularräume (Fig. 79). Länge der Wurzeln II. Ordn. 1—2 cm, Dicke 0.19—0.25 mm, Zentralzylinder 0.07 mm. Die feinsten Wurzeln II. Ordn. 0.18—0.19 mm dick. Wurzelhaare fehlen. Wurzeln gibt es hauptsächlich nur an den höchsten Knoten des Rhizoms, Tiefe 5—15 cm. Die älteren Wurzeln sind abgestorben. Das Rhizom der im rosthaltigen Wasser gewachsenen Individuen biegt schliesslich fast wagerecht in den Bodenschlamm ab. Die Länge der von dem Rhizom ausgehenden Wurzeln I. Ordn. beträgt 3.5—5.5 cm, die Dicke 0.94—1.05 mm. Sie besitzen ziemlich dicke, 0.37 –0.50 mm messende Wurzeln II. Ordn. Die dünnsten Wurzeln II. Ordn. sind 0.26 mm dick; deren Zentralzylinder 0.15 mm.

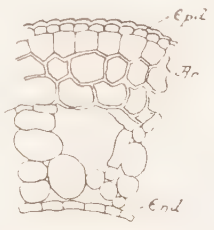


Fig. 79. *Lysimachia thyrsiflora.* Wurzel I. Ordn., Rinde.

Menyanthes trifoliata L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Olivier (1880, S. 30—35, 131) verschwindet die Epidermis mit den Wurzelhaaren schon früh. Dessen ungeachtet sind die darunterliegenden Zellen nur in den älteren Wurzeln verdickt. In der Innenrinde gibt es zahlreiche grosse Lufthöhlen. Die Bildung des sekundären Holzes in den Wurzeln ist

schwach infolge des Wachsens im Wasser (»des productions vasculaires secondaires extrêment faibles»). In der Innenrinde der dünnen Seitenwurzeln sind die Interzellularräume klein. Nach Höveler (1892, S. 306) sind die Wurzeln mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Nach Brundin (1898, S. 69) ist das Rhizom von *Menyanthes*, umgekehrt wie das Rhizom von *Calla*, von vielen Jahresgliedern gebildet. Nach Stahl (1900, S. 588) ist diese Art mykorrhizenfrei. Für die beträchtliche Transpirationsgrösse spricht das Vorkommen von Hydatoden und die Gegenwart der bei Sumpfpflanzen oft fehlenden Wurzelhaare. Nach Freidenfelt (1902, S. 163) hat diese Art selten Wurzeln III. Ordn. Nach Kotilainen (1927, S. 158) können *Menyanthes*, *Comarum* usw. tiefer in sauerstoffarmes Grundwasser eindringen, weil sie einen unterirdischen Stengel haben.

P r o b e f l. 2 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 24. VI. 1928 (3 Indiv.).

Das lange und verzweigte, 7—8 mm dicke, vieljährige Rhizom kriecht 5—10 cm tief im Torfe. Davon gehen zweierlei Wurzeln I. Ordn. aus, weisse dicke Wurzeln, die gerade oder schräg abwärts in den Torf wachsen, und dünnere weisse Wurzeln, die reichlich verzweigt sind und von denen die meisten wagerecht seitwärts in den Torf stossen; einige steigen schräg abwärts. Die groben Wurzeln I. Ordn. sind 30—40 cm lang und 2.5—3.0 mm dick, ihr Zentralzylinder ist 0.40 mm im Durchmesser und enthält gewöhnlich 6 radiäre Gefässgruppen. Die Dehnbarkeit dieser Wurzeln ist ca. 20 %. Die dünneren Wurzeln I. Ordn. sind 6—9 cm lang, 1.2—1.8 mm dick, ihr Zentralzylinder 0.17 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.25—0.32 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.12 mm. Tiefe der Wurzeln 30—40(50) cm. (Fig. 80).

P r o b e f l. 8 (*Cassandra*-Moor, S. 31). 7. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das kräftige, besonders in seinem älteren Teile reichlich verzweigte Rhizom kriecht im Torfe, und davon steigen oberirdische Sprosse an die Mooroberfläche hinauf. Die von dem Rhizom ausgehenden gröbsten Wurzeln I. Ordn. sind 4—4.2 mm dick, sie wachsen fast senkrecht abwärts in den Torf und reichen wenigstens 50—60 cm tief. Durchmesser des Zentralzylinders in diesen Wurzeln 0.6 mm, darin 7—10 radiäre Gefässgruppen, die grössten Gefäss in der Mitte, Grösse 40 μ. Die Dehnbarkeit der Wurzeln beträgt 15—20 %. Von diesen dicken Wurzeln gehen Wurzeln II. Ordn. erst in einer

Entfernung von 10—20 cm von der Basis aus; höher oben sitzen nur einige Wurzeln II. Ordn. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.32 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.16 mm. Einige von den Wurzeln I. Ordn. 2.2 mm dick, deren Zentralzylinder 0.36 mm. Die Spitzen der Wurzeln I. Ordn. und die Wurzeln II. Ordn. reichen bis den C-S-Torf unter dem S-Torf.

Fig. 80. *Menyanthes trifoliata*. Ein Teil des Wurzelsystems. Probefl. 2. 24. VI. 1928.

P r o b e f l. 2 3 (eine mit Wasser gefüllte Grube, S. 35). 23. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Das Rhizom liegt in dem *Sphagnum* im Wasser, von ihm aus gehen die Wurzeln gerade abwärts in das Wasser und reichen ziemlich bis in den sehr humifizierten A-Torf. Dicke der Wurzeln I. Ordn. an der Basis 3.6 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.4—0.44 mm, 7 radiäre Gefässteile, das grösste Gefässe 40 μ. Die längsten Wurzeln I. Ordn. sind 59—72.5 cm lang. Tiefe der Wurzeln 50—60 cm. Der Spitzenteil der Wurzeln I. Ordn. ist oft weit unverzweigt, bei einigen Individuen ist ihr unverzweigter Teil 20—22 cm lang. Wurzelhaare gibt es ziemlich reichlich, deren Länge beträgt 0.25 mm; die Haare sind weiss, buchtig, gewunden. Die längsten Wurzeln II. Ordn. befinden sich an der Basalseite der Wurzeln, ihre Länge ist

10—20 cm. Die Wurzeln II. Ordn. sind am undichtesten mit Haaren versehen, deren Länge 0.25 –0.36 mm beträgt. Die Dicke des Spitzenteiles der Wurzeln I. Ordn. ist 1.0—1.2 mm, der Zentralzylinder 0.13 mm, 6 radiäre Gefässteile. Es gibt auch solche Wurzeln I. Ordn., die beinahe bis zur Spitze mit Seitenwurzeln versehen sind. An der Spitze einer abgebrochenen Wurzel I. Ordn. sind 3 dicke Wurzeln II. Ordn. entwickelt, deren Durchmesser 1.0 mm betrug und deren Länge 5.5—6.5 cm war. Auch diese besitzen Wurzelhaare, deren Länge 0.18—0.20 mm beträgt. Der Zentralzylinder ist in diesen dicken Wurzeln II. Ordn. 0.13 mm im Durchmesser und enthält 4 radiäre Gefässteile. Die am Spitzenteil des Rhizoms entspringenden jüngsten Wurzeln sind ganz unverzweigt, teilweise grünlich gefärbt; Dicke 2.2—2.4 mm, Zentralzylinder 0.32 mm, enthält 7—8 Gefässteile. Dehnbarkeit der jungen Wurzeln 15—20 %.

P r o b e f l. 9 4 (*Carex limosa*-Weissmoor, S. 50). 23. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Die meisten Wurzeln wachsen in fast wagerechter Richtung in dem feuchten Moos, Tiefe 15—20 cm. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. sind fast unverzweigt, 1.5—3.0 mm dick und 30—32 cm lang; Tiefe 25 –30 cm. Die feineren Wurzeln I. Ordn. sind reichlich verzweigt, 0.5 mm dick. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2.5—4.0 cm, Dicke 0.20—0.31 mm. An vielen feinen Wurzeln ist Schlamm angeheftet, so dass sie schwarzbraune Flecken besitzen. Die Wurzeln und Seitenwurzeln der im Wasser wachsenden Individuen sind gerade, die der auf Bülten wachsenden Individuen gewunden. Der Durchmesser des Zentralzylinders einer 2.4 mm dicken Wurzel I. Ordn. war 0.28—0.32 mm, 6 radiäre Gefässteile. In der Rinde finden sich reichlich Interzellularräume. Die Dehnbarkeit der dicken Wurzeln I. Ordn. beträgt 15—20 %.

P r o b e f l. 4 5 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 25. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das dicke Rhizom kriecht fast wagerecht im oberen Teile des Torfes, 2—3 cm tief, teils im lebenden Moose. Länge der Rhizome 46—62 cm. Einige von den Wurzeln I. Ordn. sind 2.5—3.5 mm dick, sie sind spärlich mit 4—4.5 cm langen Wurzeln II. Ordn. versehen. Die längsten von diesen Wurzeln I. Ordn. sind 25—30 cm lang. Die Wurzeln wachsen schräg seitwärts, nicht gerade abwärts, Tiefe 15—20 cm. Die dünneren Wurzeln I. Ordn. sind 1.0 mm dick, sie besitzen

reichlich Wurzeln II. Ordn., von denen einige wagerecht in den Torf, einige auch aufwärts in das Moos wachsen.

P r o b e f l. 9 8 (Braunmoor-Reisermoor, S. 51). 28. VII. 1928 (2 Indiv.).

Die am vorderen Teil des Rhizoms entspringenden jungen Wurzeln I. Ordn. sind unverzweigt, in ihrem Zentralzylinder 6 Gefässteile. Die älteren Wurzeln I. Ordn. sind verzweigt, ihre Dicke beträgt 1.8—2.4 mm, der Zentralzylinder 0.32—0.40 mm, 8 radiäre Gefässteile, die grössten Gefässe 35—40 μ. (Fig. 79). Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.24—0.36 mm, der Wurzeln III. Ordn. 0.08—0.12 mm. Wurzelhaare fehlen.

P r o b e f l. 2 9 (Kolkmoor, S. 36). 9. VII. 1929 (1 Indiv.).

Dicke der Wurzeln I. Ordn. 2.0 mm, Länge 25—32 cm, Zentralzylinder 0.24 mm, 5 radiäre Gefässgruppen, das grösste Gefäss 40 μ. Die Spitzenteilen der Wurzeln I. Ordn. sind ziemlich reichlich mit Wurzelhaaren versehen. Tiefe der Wurzeln 15—20 cm.

Fig. 81.
Menyanthes trifoliata.
Wurzel I. Ordn.
Probefl. 98. 28. VII. 1928.

P r o b e f l. 4 6 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 29. VI. 1929 (1 Indiv.).

In der Innenrinde des Rhizoms gibt es grosse Interzellularräume. Die dicksten Wurzeln I. Ordn. 3.4 mm dick, deren Zentralzylinder 0.56 mm, 8 radiäre Gefässbündel, das grösste Gefäss in der Mitte, 35—40 μ; 8 Leptome. Aussenwand der Epidermis verdickt, innen 3—4 Zellschichten ohne Interzellularräume. In der Innenrinde grosse runde Interzellularräume.

P r o b e f l. 6 2 (braunmoorartige Moorwiese, S. 43). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

Die Rhizome und Wurzeln sind braun, das Rhizom in etwas aufwärts steigender Stellung, der älteste Teil 10 cm tief, der vordere Teil 3—6 cm tief im Torfe. Länge der Wurzeln I. Ordn. 30—40 cm, Dicke 2.0—2.4 mm, Zentralzylinder 0.28 mm, 6 radiäre Gefässgruppen, die grössten innersten Gefässe 40—50 μ. Die Wurzeln I. Ordn. sind sehr spärlich mit Wurzelhaaren versehen (2—3 St. im Querschnitt). Die Wurzeln I. Ordn. sind ihrer Länge nach verzweigt. Es

gibt Wurzeln II., III. und einige kurze IV. Ordn. Die Aussenwand der Epidermis ist braun, verdickt. In der Innenrinde grosse Interzellularräume. Tiefe der Wurzeln 20—30 cm.

P r o b e f l. 3 3 (Überwachsungsmoor, S. 37). 14. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Die Rhizome kriechen auf dem Boden; Länge 1.0—1.2 m. Vom Boden aus steigen die Spitzen der Rhizome aufwärts gegen die Oberfläche des Wassers. Die Wurzeln, die am vorderen Teile des Rhizoms entspringen, sind grün (nämlich deren im Wasser befindlicher Teil), Länge dieser Stützwurzeln ca. 40 cm, Basaldicke 2.8 mm, Zentralzylinder 0.4 mm, die Gefässe in 8—9 radiären Gruppen (die 9. Gruppe unvollständig entwickelt). Jede Gruppe enthält 3—4 Gefässe, das grösste Gefäss 35 μ. Spitzendicke der Stützwurzel 2.0—2.2 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.30 mm, 7 Gefässgruppen. Die Epidermis ist kleinzellig, die Exodermiszellen in radiärer Richtung hoch; unten eine 5-zellschichtige Schutzscheide ohne Interzellularräume. In der Innenrinde grosse Interzellularräume, die von einer Schicht kleiner Rindenzellen umgeben werden. Wurzelhaare finden sich aber nicht reichlich. Die Wurzeln I. Ordn. sind stark, aber schwer zu dehnen.

Die Wurzeltiefe ist auf den folgenden Probeflächen untersucht:

P r o b e f l. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). 27. VII. 1929. Die Tiefe der Wurzeln ist 40—50 cm, am reichlichsten gibt es Wurzeln in einer Tiefe von 20—30 cm.

P r o b e f l. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). 27. VII. 1929. Tiefe der Wurzeln 40—50 cm; die meisten Wurzeln in einer Tiefe von 30—40 cm.

P r o b e f l. 9 (*Cassandra*-Moor, S. 32). 29. VII. 1929. Tiefe der Wurzeln 50—60 cm. Das Rhizom liegt 20—30 cm tief.

P r o b e f l. 5 8 (Rimpi-Braunmoor, S. 43). 16. VII. 1929. Die braunen Rhizome und Wurzeln reichen 20—30 cm tief in den A-C-Torf.

P r o b e f l. 1 2 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte, S. 32). 6. VII. 1929. Die Rhizome 20—30 cm tief im S-Torfe, Tiefe der Wurzeln höchstens 60—70 cm.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Das R h i z o m wächst und verzweigt sich im oberen Teile des Torfes, 2—10 cm tief; auf der Probefl. 12 ist die Tiefe 20—30 cm. Länge des Rhizoms variabel, höch-

ste beobachtete Länge 1.2 m; auf der Probefl. 45 (Braunmoor) war die Länge 46—62 cm; Dicke des Rhizoms 7—8 mm. In der Rhizomrinde gibt es grosse Interzellularräume. Von dem Rhizom gehen ihrer Länge nach dimorphe W u r z e l n I. Ordn. aus, von denen einige lang und dick und spärlicher verzweigt und einige kürzer und dünner und reichlich verzweigt sind. Ausserdem entspringen an dem jüngsten Vorderteil des Rhizoms grobe unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren im Wasser befindlicher Teil oft grün ist. Die Länge der gröbsten Wurzeln I. Ordn. beträgt 25—72.5 cm, ihre Dicke 2.4—4.2 mm. Diese Wurzeln wachsen schräg oder gerade abwärts in den Torf; grösste beobachtete Tiefe 60 cm (Probefl. 8, 9, 12, 23). Auf einigen Probeflächen (z. B. 3 u. 5) erreichen die Wurzeln das Grundwasser. Der Durchmesser des Zentralzylinders dieser dicken Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.28—0.60 mm (in einer 2.2 mm dicken Wurzel 0.36 mm, in einer 3.4 mm dicken 0.56 mm). In dem Zentralzylinder 5—10 (des öfteren 6—8) radiäre Gefässgruppen, in jeder Gruppe 3—4 Gefässe, die grössten in der Mitte 40—50 μ. Die Zahl der Leptome ebenso (Fig. 81) gross wie die der Gefässgruppen (Hadrome). Die Epidermiszellen sind klein, die Aussenwand braun, etwas verdickt, die Exodermiszellenin radiärer Richtung hoch, unten eine aus 3—5 Zellschichten bestehende Schutzscheide (ein mechanisches Gewebe) ohne Interzellularräume. In der Innenrinde grosse ovale oder runde Lufthöhlen, die von ziemlich kleinen Zellen umgeben sind. Die Dicke der feineren, reichlich verzweigten Wurzeln I. Ordn. beträgt 0.50—1.8 mm, ihre Länge 6—9 cm, der Zentralzylinder 0.12 –0.17 mm. Diese Wurzeln stossen oft gerade wagerecht in den Torf, bisweilen auch aufwärts. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2.5—20 cm (im Wasser, Probefl. 23, sind die längsten Wurzeln; Länge 10 –20 cm), Dicke 0.20—0.36 mm. Dicke der Wurzeln III. Ordn. 0.08 -0.16 mm. Wurzeln IV. Ordn. habe ich auf der Probefläche 62 (Moorwiese) angetroffen. An der Spitze einer abgebrochenen Wurzel I. Ordn. entwickeln sich oft 2—3 dicke (1.0 mm) Wurzeln II. Ordn., deren Länge 5.5—6.5 cm sein kann. Die Wurzeln der im Wasser wachsenden (Probefl. 22) Individuen sind lang und gerade, die der im festeren Torfe wachsenen Individuen sind kürzer und geschlängelt. Die Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. beträgt 15—20 %. Weisse Wurzelhaare besitzen sowohl die jungen als die älteren Wurzeln I. u. II. Ordn., aber nicht reichlich; Länge der Haare 0.18—0.36 mm. Bei den auf den Probefl. 2, 8,

45 u. 98 gewachsenen Individuen habe ich keine Haare angetroffen. Die Wurzelhaare sind bisweilen gekrümmt und buchtig. Nach Höveler sind die Wurzeln mit Haaren versehen. Pilzhyphen fehlen, wie auch Höveler u. Stahl bestätigt haben.

Myosotis palustris (L.) With.

Literaturangaben: Nach Freidenfelt (1902, S. 163) hat *Myosotis palustris* selten Wurzeln III. Ordn. Nach Hesse (1904, S. 37) sind die Wurzelhaare an den aus einem Bache stammenden Wurzeln 1.05 mm lang und 0.0102 mm dick, die entsprechenden Dimensionen der Haare der einer Wiese entstammenden Wurzeln betrugen 0.5 mm und 0.007 mm. Nach Glück (1911, S. 291) hat diese Art ein kräftiges überwinterndes Rhizom.

Probefl. 105 (Reisermoor, S. 52). 4. VII. 1928 (3 Indiv.).

Bei den untersuchten Individuen sass das 3—4 cm lange und ca. 1.5 mm dicke Rhizom an der Torfoberfläche schief aufwärtssteigend. Von dem Rhizom und dem unteren Teil des Stengels, nahe den Blattfesten, gehen schräg abwärts in den Torf laufende, meistens einfache Adventivwurzeln aus. An einigen einzelnen Wurzeln sind unverzweigte Wurzeln II. Ordn. und an einigen tiefer gehenden Wurzeln einzelne Wurzeln III. Ordn. vorhanden. Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—8 cm, Dicke 0.48—0.60 mm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.16 mm. Die meisten von dem Rhizom ausgehenden alten Wurzeln I. Ordn. sind abgestorben, schwarz. An den jungen Wurzeln sitzen Wurzelhaare. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm.

Scutellaria galericulata L.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 305) besitzen die Wurzeln Wurzelhaare und sind pilzfrei. Nach Hesse (1904, S. 25) ist die Behaarung der Wurzeln mässig, die Länge der Wurzelhaare 0.26 mm (mässig feuchte Wiese). Im feuchten Wasser kultiviert, ist die Länge der Haare 0.721 mm.

Probefl. 19 (*Calla*-Bruchmoor, S. 34). 18. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Die unterirdischen Stengel im Moose und Torfe nahe der Oberfläche kriechend. Ein Teil der Ausläufer wächst in wagerechter Rich-

tung, ein Teil steigt aufwärts und bildet oberirdische Sprosse. Die Wurzeln gehen büschelweise von bestimmten Stellen an dem kriechenden Rhizom aus. Länge der Ausläufer 12—30 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 4—6 cm, Dicke 0.41—0.43 mm. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. Wurzeln II. Ordn. 0.18 mm dick. Es gibt auch einige ganz kleine und schwarze Wurzeln III. Ordn. Die jungen Wurzeln I. Ordn. besitzen wenig Wurzelhaare, deren Länge 0.18—0.37 mm beträgt. Die Wurzeln II. Ordn. sind unbehaart.

Um Vergleiche anzustellen, habe ich ein Individuum untersucht, das am Rande eines Gartens in Torfboden wuchs. Das Rhizom war lang und reichlich verzweigt, horizontal kriechend und in der Erde aufwärtssteigend. Die grösste beobachtete Wurzellänge war 30 – 40 cm.

Prunella vulgaris L.

Literaturangaben: Nach Irmisch (1854, S. 28) ist die Hauptwurzel wenig entwickelt und fehlt schon an Exemplaren, die zum ersten Male blühen. Nach Freidenfelt (1904, S. 69) ist die Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.5—0.7 mm. Das Fehlen von Wurzelhaaren beweist den hydrophilen Charakter der Pflanze. Der Holzteil ist stark entwickelt. Die Wurzeln der einem grobkörnigen Sandboden entstammenden Pflanzen waren dünner und weniger verzweigt.

Probefl. 42 (OMT-Wald, S. 39). 3. VIII. 1928 (2 Indiv.).

Das Rhizom, dessen Dicke 1.4—1.8 mm beträgt, liegt in fast wagerechter Stellung nahe der Oberfläche. Das Rhizom ist kantig, 4-eckig. Die Wurzeln gehen von dem Rhizom nach beiden Seiten aus, sie wachsen nahe der Oberfläche in fast wagerechter Richtung, sich etwas abwärts biegend; Tiefe gewöhnlich unter 5 cm, einige gehen 10—15 cm tief. Länge der Wurzeln I. Ordn. 5—7 cm, Dicke 0.44—0.50 mm, die ältesten Wurzeln 0.80—0.84 mm dick. Durchmesser des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. 0.32 mm. Länge der Wurzeln II. Ordn. 0.5—1.5 cm, Dicke 0.20 –0.24 mm. Auch an den Wurzeln II. Ordn. gibt es einige kurze Seitenwurzeln III. Ordn. Wurzelhaare fehlen an allen Wurzeln.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 20. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Rhizom 18—22 cm lang, sein ältester Teil schwarz, in horizontaler Stellung ca. 6—7 cm tief im Torfe. Dann steigt das Rhizom

schräg aufwärts und treibt Blätter und Blüten aus dem Moose hervor. Gleich an der Erdoberfläche gehen von dem unterirdischen Stengel junge, weisse Wurzeln I. Ordn. aus, teils wagerecht seitwärts, teils schief abwärts wachsend und 5—8 cm tief gehend. Die Epidermiszellen dünnwandig, schnell verschwindend. In der Rinde ziemlich kleine Interzellularräume in regelmässigen radiären Reihen. Länge dieser Wurzeln I. Ordn. 8—13 cm, Dicke 0.44—0.48 mm.

Fig. 82. *Prunella vulgaris*. Probefl. 28. 20. VIII. 1928.

Daran sitzen verhältnismässig reichlich Wurzeln II. Ordn. von 0.16 mm Dicke. Die Länge der Seitenwurzeln beträgt bei den oberen Wurzeln II. Ordn. 1—3 cm. Dicke der den älteren Rhizomteilen entstammenden Wurzeln I. Ordn. 0.76 mm, Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.24 mm, Länge 1—4 cm. Wurzelhaare fehlen an allen Wurzeln. Die ältesten Wurzeln sind schwarz und abgestorben. (Fig. 82).

Rhinanthus minor Ehrh.

Literaturangaben: Nach Höveler (1892, S. 305) siehe *Melampyrum pratense*. Nach Stahl (1900, S. 551) keine Spur von Verpilzung der Wurzeln u. a. bei *Rhinanthus*-Arten. Nach Freidenfelt (1902, S. 137) gehört diese Art (zusammen mit den *Euphrasia*- und *Melampyrum*-Arten) zu dem Wurzeltypus der einjährigen Halb-

parasiten, denen die grosse Reduzierung der Wurzeln eigentümlich ist. Das Wurzelsystem besteht aus einer schwachen Hauptwurzel, die sich bald in einige wenige Zweige verzweigt und nur wenige Saugwurzeln entwickelt. Wegen ihrer Haustorien bedürfen sie keiner stark entwickelten Saugwurzeln.

P r o b e f l. 4 7 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 22. VII. 1929 (5 Indiv.).

Die Hauptwurzel ist 6—9 cm lang, etwas kriechend abwärts wachsend. Dicke der Hauptwurzel an der Basis 0.70—0.75 mm, am Ende 0.25 mm. In der Hauptwurzel sind nur einige vereinzelte Haustorien vorhanden. In den von der Hauptwurzel stammenden Seitenwurzeln II. Ordn. und in deren Zweigen III. Ordn. sind Haustorien reichlicher vorhanden. Die Wurzeln II. Ordn. sind schwach und spröde, es sind von ihnen nur ugf. zehn St. in jedem Wurzelsystem vorhanden. Die Länge der Wurzeln II. Ordn. beträgt 1—4 cm, Dicke 0.20—0.25 mm, Zentralzylinder 0.12—0.14 mm. Länge der Wurzeln III. Ordn. 3 –10 mm, Dicke 0.12 mm. Tiefe der Wurzeln 0—10 cm.

Melampyrum pratense L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Höveler (1892, S. 305) ist das Wurzelsystem bei *Melampyrum pratense, Pedicularis* und *Rhinanthus minor* auffallend schwach. Wurzelhaare sind meistens gar nicht oder doch nur sehr spärlich vorhanden. Haustorien sind zu finden. Freidenfelt siehe die vorige Art. Nach Kujala (1926, S. 89—91) ist die Hauptwurzel dünne, verhältnismässig lange Seitenwurzeln treibend, Haustorien bildend, mittels deren die Pflanze an den Wurzeln anderer Pflanzen haften kann und Nahrung aufnimmt. Dieser Parasitismus scheint nicht notwendig zu sein.

P r o b e f l. 1 5 (Bruchwald, S. 33). 25. VI. 1928 (4 Indiv.).

Die W u r z e l n wachsen in dem verfaulten Basalteil des Mooses. Die Hauptwurzel wächst abwärts kriechend, ihre Spitze 9—11 cm unter der Moosfläche. Die Hauptwurzel ist an der Basis 0.68—0.80 mm dick und wird gegen die Spitze dünner. Die Hauptwurzel treibt Wurzeln II. Ordn., deren Dicke 0.18—0.20 mm beträgt. Diese sind sehr wenig verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 3 (einige nur 1) cm, die längsten 5 cm lang. Die längsten Wurzeln III. Ordn. 2 cm lang. Wurzelhaare sind nicht vorhanden. In den Seitenwurzeln sind

Haustorien, mit diesen heften sich die Wurzeln an die *Sphagnum*-Arten, Nahrung saugend und Stütze erhaltend. Tiefe der Wurzeln 5—12 cm.

P r o b e f l. 4 7 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 2. VII. 1928 (4 Indiv.).

Länge der Hauptwurzel 3—4 cm; die an ihr entspringenden Seitenwurzeln II. Ordn. sind weniger zahlreich als auf der vorigen Probefläche. Allgemeine Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20 mm, die dickste beobachtete Wurzel II. Ordn. war 0.48 mm; ihr Ende war mit 4 Haustorien versehen, deren Durchschnitt 1.0—1.2 mm betrug. Die Länge dieser Wurzel war 6 cm. Die Länge einer anderen Wurzel II. Ordn. betrug 7 cm, und an deren Spitze waren viele Wurzeln III. Ordn. von 1—2 cm Länge vorhanden. Die feinsten Seitenwurzeln III. Ordn. 0.16 mm dick. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928 (4 Indiv.).

Spitze der Hauptwurzel 12—13 cm tief unter der Moosoberfläche. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2.0—2.9 cm. Bei jedem Individuum treibt die Hauptwurzel 10—12 Seitenwurzeln II. Ordn., Dicke 0.20—0.24 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.05 mm.

P r o b e f l. 8 7 (Rosmarinkrautmoor, S. 48). 8. VII. 1929 (8 Indiv.).

Länge der Hauptwurzel 2—5 cm. (Die mittlere Länge 3.8 cm, an 8 Indiv. berechnet.) Dicke der Hauptwurzel an der Basis 0.40—0.56 mm, Zentralzylinder 0.37 mm. Die längsten Wurzeln II. Ordn. 2.5—6.0 cm, Dicke 0.18—0.20 mm. Die Wurzeln ganz im Moose (*Sphagnum*) sitzend; grösste Tiefe 5—10 cm. An den Haustorien sind Wurzelhaare vorhanden. Durchschnitt der grössten Haustorien 0.87 mm. Dickste beobachtete Wurzel II. Ordn. 0.40 mm. Die Gefässe in vielen, wenigstens 12 radiären Reihen; die Gefässe 20—25 μ. An vielen Wurzeln sitzen auch Wurzeln III. Ordn., deren Länge 0.5—1.5 cm beträgt.

Melampyrum silvaticum L.

P r o b e f l. 4 2 (OMT-Wald, S. 39). 2. VII. 1928 (4 Indiv.).

Um mit der vorigen Art Vergleiche anzustellen, habe ich auch die Wurzelsysteme dieser Art untersucht, obgleich sie nicht wie

die vorige Art in dem Forschungsgebiet auf den Mooren vorkommt, sondern auf den Mooren sowie in den Wäldern.

Das Wurzelsystem ist wie bei *M. pratense*. Die Hauptwurzel und im allgemeinen das ganze Wurzelsystem schwach entwickelt. Länge der Hauptwurzel 3—6 cm. Die Wurzeln II. Ordn., deren die Hauptwurzel nur einige treibt, waren 0.26—0.28 mm dick. Die meisten Wurzeln II. Ordn. waren noch verzweigt; Länge der Wurzeln III. Ordn. 1—3 cm. In den Wurzeln II. und III. Ordn. sind wie bei der vorigen Art Haustorien vorhanden.

Pedicularis palustris L.

Literaturangaben: Höveler (1892, S. 305) siehe *Melampyrum pratense*. Nach Hesse (1904, S. 24) hat diese Art auf sumpfiger Wiese sehr wenig Wurzelhaare, deren Länge 0.16 mm beträgt. Nach Freidenfelt (1904, S. 72—73) bildet sie zahlreiche Adventivwurzeln, und deswegen ist die Bedeutung der Hauptwurzel sehr vermindert; diese bleibt aber doch erhalten, so dass sie nicht gänzlich durch die Adventivwurzeln ersetzt wird. Die Hauptwurzel geht nicht tief und wird unten schnell dünner, die Basis ist jedoch stark. Bei den Adventivwurzeln I. Ordn. verschwindet die ganze Rinde, die Exodermis und der einschichtige »Radialbalken» ausgenommen. Die Aussenwände der Exodermis sind verdickt. An der Hauptwurzel verschwindet die primäre Rinde und wird durch eine poröse sekundäre Rinde ersetzt.

Probefl. 46 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). 2. VII. 1928 (3 Indiv.).

Länge der Hauptwurzel 6—8 cm, Basaldicke 0.5—0.6 cm. Hauptwurzeln und andere Wurzeln weiss. Gleich in ihrem Anfangsteil treibt die Hauptwurzel feine weisse Wurzeln II. Ordn. wagerecht seitwärts nach verschiedenen Richtungen. Deren Länge 3—4 cm, Dicke 0.60—0.68 mm, die feinsten 0.28 mm dick. An diesen sind einige kurze Wurzeln III. Ordn. vorhanden. Durchmesser des Zentralzylinders in der Hauptwurzel 0.5 mm. Die sekundäre Rinde ist sehr porös, das Kambium bildet einen starken Ring, das grösste Gefäss 30 μ. Weiter unten treibt die Hauptwurzel oft auf entgegengesetzten Seiten 2 weisse, ca. 2.2 mm dicke, wagerechte Wurzeln II. Ordn., im oberen A-C-Torfe 1—3 cm tief laufend. An diesen sitzen

wenige Wurzeln III. Ordn. Länge der Wurzeln II. Ordn. höchstens 14—18 cm. Noch weiter unten entsendet die Hauptwurzel viele dicke Seitenwurzeln II. Ordn. nach verschiedenen Seiten in den Torf. In den Wurzeln II. Ordn. finden sich Haustorien und an diesen bei den dünneren Wurzeln stellenweise Wurzelhaare, deren Länge 0.16—0.25 mm beträgt. Grösste Tiefe der Wurzeln ugf. 10 cm.

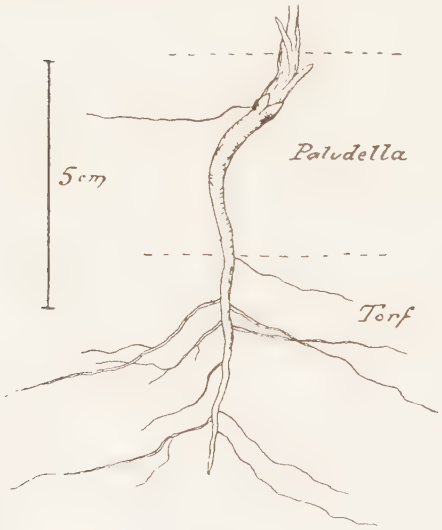


Fig. 83.
Pedicularis palustris. Probefl. 45. 20. VI. 1929.

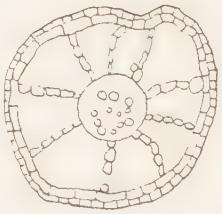


Fig. 84. *Pedicularis palustris*. Querschnitt einer Wurz. II. Ordn.

P r o b e f l. 4 5 (*Paludella*-Braunmoor, S. 39). 20. VI. u. 29. VI 1929 (7 Indiv.).

Die H a u p t w u r z e l wächst gerade abwärts in den Torf, Länge 6—8 cm, Dicke an der Basis 2.8—5.0 mm. (Fig. 81). Durchmesser des Zentralzylinders 0.5—0.8 mm, darin mehrere Dutzend Gefässe und Doppelgefässe in der Mitte zerstreut, das grösste Gefäss 35 μ. Bei einer 5.0 mm dicken Hauptwurzel war der Durchmesser des ringförmigen Holzteiles 1.8 mm. Die der Hauptwurzel entstammenden Wurzeln II. Ordn. 0.87—1.24 mm dick, der Zentralzylinder in diesen 0.28—0.37 mm. Die Gefässe sind im Holzteil zerstreut, ein starkes Kambium umgibt den Holzteil. Die Epidermiszellen meistens verschwunden. Die Exodermiszellen gross, sie bleiben erhalten, die Aussenwand der Exo-

dermis ist etwas verdickt, darunter ist in der Aussenrinde eine dünnwandige Zellschicht vorhanden. In der Innenrinde 5 Zellschichten und 9 grosse radiäre Lufthöhlen. Innenrinde zuletzt gänzlich verschwunden. (Fig. 84) Wurzeln II. Ordn. beinahe wagerecht im Torfe wachsend, einige im lebenden Moose. Länge der meisten Wurzeln II. Ordn. 4—6 cm, Dicke höchstens 10 cm. An den Wurzeln II. Ordn. sind sehr spärlich Seitenwurzeln III. Ordn. vorhanden. (Fig 83).

Pedicularis sceptrum L.

P r o b e f l. 6 2 (braunmoorartige Moorwiese, S. 43). 15. VII. 1928 (4 Indiv.).

Die H a u p t w u r z e l kurz und dick, bei einigen Individuen gänzlich abgestorben. Der unterirdische Stengel dick und fest, daran zahlreiche schwarzbraune Blattreste. Der dicke unterirdische Teil treibt nach verschiedenen Richtungen schief abwärts in den Torf laufende Seitenwurzeln I. Ordn., deren Länge 30—40 cm beträgt; manche von diesen sind kürzer, Dicke 1.5—2.2 mm. An den Wurzeln sitzen sehr wenig Wurzeln II. Ordn., deren Dicke 0.44—0.48 mm. Zentralzylinder in den Wurzeln I. Ordn. 0.68 mm, Grösse der Gefässe 40—45 μ. Wurzelhaare sind sehr wenig vorhanden, Länge 0.18 mm. Dehnbarkeit der Wurzeln 15 –20 %. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm.

P r o b e f l. 6 1 (braunmoorartige Moorwiese, S. 43). 16. VII. 1929 (2 Indiv.).

W u r z e l n beinahe wagerecht nahe der Oberfläche, Tiefe 0—10 cm. Länge der Wurzeln I. Ordn. 15—20 cm, Dicke 1.60—1.68 mm, andere etwas dünner. Zentralzylinder 0.62—0.64 mm, darin 50—60 Gefässe, das grösste 40 μ. Die Aussenwand der Exodermis ist etwas verdickt, unten in der Innenrinde grosse Interzellularräume ohne besondere Ordnung. In den Zellen der Rinde ist Stärke vorhanden. Wurzeln II Ordn. gibt es wenig, deren Dicke 0.31—0.34 mm; in ihnen einige Haustorien.

Pinguicula vulgaris L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Jörgensen (1878, S. 140) »udsender denne Plante et af hvide, udgrenede Rødder, som yderst be-

staa af en storcellet, tyngdvaegget Bark med store Intercellular-Rum. Epidermis udvikler kraftige Roodhaar, hvis Vaeg i Spidsen er staerkt fortykket. De svage Rødder ere diarche, hos de tykkere kan Karstraalernes Tal vexle». Nach Höveler (1892, S. 305) sind die Wurzeln niemals verpilzt, sondern stets mit Wurzelhaaren versehen.

P r o b e f l. 4 9 (*Carex heleonastes*-Braunmoor, S 41). 2. VII. 1928 (5 Indiv.).

Eine Blattrosette an der Oberfläche; unterhalb derselben gehen einfache Adventivwurzeln in das Moos. Länge der Wurzeln 2—3 cm. Solche Wurzeln hat jedes Individuum 5—7 St. Dicke der Wurzeln an der Basis 0.8 mm, in der Mitte 0.44—0.56 mm und an der Spitze 0.20 mm. Bei einigen Indiv. war die Dicke der Wurzeln an der Basis 1.2—1.4 mm, in der Mitte 0.8 mm. Zentralzylinder 0.14—0.20 mm im Durchmesser. An den Wurzeln sind Wurzelhaare gewöhnlich reichlich vorhanden, deren Länge 0.30—0.45 mm. Die unbehaarte Spitze der Wurzel 0.4 mm lang Einige Wurzeln weniger behaart. In der Wurzelrinde 3 Schichten dünnwandiger Zellen; Interzellularräume sind vorhanden. Ausser den dicken Wurzeln finden sich auch einige sehr feine Wurzeln, deren Dicke 0.04—0.05 mm beträgt.

Galium palustre L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Nach Höveler (1892, S. 307) ist sowohl *Galium palustre* als *G. uliginosum* mit Wurzelhaaren versehen und unverpilzt. Nach Glück (1911, S. 32) ist die Wurzelbildung bei dem niederliegenden Wuchs der Wasserformen von *G. palustre* eine besonders weichliche. Die Adventivwurzeln können büschelig zu 2—14 unterhalb der Laubblätter auftreten; ihre Stellung ist bald eine unregelmässige, bald stehen je 2—5 in einer vertikalen Reihe nebeneinander.

P r o b e f l. 8 0 (Grasbruch, S. 47). 4. VII. 1928 (3 Indiv.).

Der schwache unterirdische Stengel im Basalteil des Mooses kriechend. Länge des oberirdischen Stengels 3—5 cm. Er treibt büschelweise schwache Adventivwurzeln, die einige kurze Wurzeln II. Ordn. besitzen, deren Länge 1.0—1.5 cm, Dicke 0.06—0.09 mm beträgt. Länge der Wurzeln I. Ordn. 2—5 cm, Tiefe 3—5 cm, Dicke 0.09—0.16 mm. Der Durchmesser des Zentralzylinders beträgt in

den Wurzeln I. Ordn. 0.06 mm. Die Wurzeln wachsen unmittelbar im Moose.

P r o b e f l. 1 9 (*Calla*-Bruchmoor, S. 34). 18. VIII. 1928 (3 Indiv.).

Der schwache unterirdische Stengel (Wurzelstock) aufwärts im Moose kriechend. Dieser entsendet auch einige weisse, ausläuferbildende Zweige, aus denen sich oberirdische Sprosse entwickeln. Länge des unterirdischen Stengels 10—12 cm, darin sind 5—6 Internodien, deren Länge 1—2.5 cm beträgt. Von den Knoten, an den kleinen schuppigen Blätter, geht ein Büschel — oft je 5—7 St. — dünner Adventivwurzeln aus, die meistens nur einfache Wurzeln II. Ordn. besitzen. Länge der Wurzeln I. Ordn. höchstens 7 cm, Dicke 0.13—0.16 mm; Tiefe 5—10 cm. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.12—0.14 mm, Länge 1—3.5 cm. Wurzelhaare, deren Länge 0.06—0.12 mm beträgt, sind äusserst spärlich vorhanden.

P r o b e f l. 5 6 (Rimpi-Braunmoor, S. 42). 15. VII. 1928 (3 Indiv.).

Der unterirdische Stengel kurz, 1—3 cm lang, beinahe wagerecht in *Scorpidium*. Von den Knoten gehen neue Ausläufer aus. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 5.5 cm lang, gewöhnlich ist die Länge der Wurzeln 1 -2.5 cm, Dicke 0.16 mm, Tiefe 0—5 cm. Läegn der Wurzeln II. Ordn. 0.5—1.5 cm, Dicke 0.09 mm. Wurzeln II. Ordn. gibt es wenig. Die zu oberst entspringenden Wurzeln sind gewöhnlich unverzweigt. Wurzelhaare habe ich nicht gefunden.

Galium uliginosum L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Siehe die vorige Art.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 28. VI. 1928 (4 Indiv.).

Das R h i z o m in der wässrigen Moosfläche kriechend; seine Länge 5.5—8 cm, seine Dicke 0.52—1.0 mm. Von den Knoten an den Niederblättern gehen schwache Adventivwurzeln aus, 2—7 St. von jedem. Die von dem obersten Knoten ausgehenden Wurzeln sind unverzweigt, die weiter unten entspringenden sind ziemlich reichlich in einfache Wurzeln II. Ordn. verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. 5—6 cm, Basaldicke 0.20 mm, Zentralzylinder gelblich grün, 0.09—0.12 mm im Durchmesser. Länge der Wurzeln II. Ordn.

1—2.5 cm, Dicke 0.12 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.03—0.04 mm. Tiefe der Wurzeln 0—10 cm. (Fig. 85).

P r o b e f l. 6 1 (braunmoorartige Moorwiese, S. 43). 15. VII. 1928 (2 Indiv.).

Das kriechende, schwache Rhizom ganz an der Torfoberfläche wachsend, Länge 4—6 cm, Dicke 0.6—0.8 mm. Die Knoten senden

Fig. 85. *Galium uliginosum*. Probefl. 28. 28. VI. 1928.

büschelweise Adventivwurzeln aus, oft je 3—4 St. Länge der Wurzeln I. Ordn. 3—5 cm, Dicke 0.16—0.20 mm. Wurzeln II. Ordn. sind ziemlich reichlich vorhanden, Dicke 0.10—0.12 mm. Einige einzelne Wurzelhaare, deren Länge 0.08—0.14 mm beträgt. Tiefe der Wurzeln 2—5 cm.

Linnaea borealis L.

L i t e r a t u r a n g a b e n: Wittrock (1878), Sernander (1891), Keso (1908) und Kujala (1926) haben sowohl die oberirdischen als die unterirdischen Teile dieser Art untersucht. Nach Wittrock ist die Hauptwurzel schwach und stirbt bald. Die Nebenwurzel kann

11 Jahre alt werden. 5—7-jährige Wurzeln sind häufig, ihr Durchmesser variiert von 0.5—1 mm. Nach KUJALA (l. c., S. 43—47) stirbt die Hauptwurzel nicht sogleich, ist aber in keiner Sonderstellung den Adventivwurzeln gegenüber. Die Hauptwurzel verzweigt sich sofort im ersten Sommer, und im zweiten Sommer ist es bereits schwer, die Hauptwurzel von den zahlreichen gleichstarken Wurzelästen zu unterscheiden. An der Unterseite jedes Jahrestriebes wird gewöhnlich eine Wurzel angesetzt, die sich von hier aus senkrecht durch die Moosschicht in die Humusschicht, wo sie sich zu sehr langen, fadenartigen Mykorrhizen vergabelt, herabschiebt. Bis zum Mineralboden dringen *Linnaea*-Wurzeln gewöhnlich nicht vor. *Linnaea* hat keine unterirdischen Rhizome, dagegen lange Ausläufer, die allmählich von dem Moos bedeckt werden und sich bewurzeln. Nach KESO (1908, S. 46—47) entstehen die Nebenwurzeln am Verjüngungsspross bisweilen schon im ersten, meistens aber erst im zweiten und sogar im dritten Sommer und erscheinen gewöhnlich einzeln, gleich hinter einem Blattpaar, am Stamme. Sie sind im allgemeinen wenig verzweigt, bekommen aber je nach dem Standort mitunter sogar reichlich haarfeine Wurzelzweige. Die Nebenwurzeln können z. B. 14 Jahre alt werden.

P r o b e f l. 1 6 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 33). 24. VII. 1928 (3 Indiv.).

Der lange Stengel nahe der Moosfläche kriechend. Jeder Jahrestrieb treibt eine ziemlich reichlich verzweigte Wurzel, die in das Moos und den unten befindlichen Torf Zweige aussendet. Die gerade Länge der dem Stengel und dessen Ausläufern entspringenden Wurzeln 10—14 cm, Dicke 0.28—0.48 mm. Dicke der Wurzeln II. u. III. Ordn. 0.16—0.20 mm. Tiefe der Wurzeln 5—10 cm. Einige Wurzeln sind spärlich verzweigt. Durchmesser des Zentralzylinders in den Wurzeln I. Ordn. 0.10 –0.12 mm. Die Rinde der Wurzeln ist sehr dünn. In den Wurzeln, besonders an der Basis der Wurzelzweige finden sich Pilzhyphen. Die Spitzen der Rhizomzweige sind wegen deren Mykorrhiza oft wie zugezogen und angeschwollen. Die Wurzeln sind ungeachtet ihrer Dünne ziemlich dehnbar.

Cirsium heterophyllum L.

Torfbodenwiese in der Nähe der P r o b e f l. 4 9. 9. VIII. 1928 (4 Indiv.).

Ugf. 3—5 cm tief im Torfe läuft ein wagerechtes Rhizom hin, dessen Länge 7—20 cm und dessen Dicke 2.8—3.6 mm beträgt. Länge des Rhizoms bei einem Individuum 27 cm. Das Rhizom treibt einen oberirdischen Spross aufwärts, und von dessen Basis gehen gewöhnlich zwei neue Ausläufer wagerecht auswärts in den Torf. Einfache Adventivwurzeln gehen am meisten von dem Rhizomteil aus, wo der oberirdische Spross aufwärtssteigt. Tiefe der Wurzeln gewöhnlich nur 5—10 cm, Dicke 1.2—1.4 mm, Durchmesser des Zentralzylinders 0.37—0.60 mm; in der Mitte sind 5 Gruppen radiärer Gefässe. Wurzelhaare sind sehr wenig vorhanden. Der Basalteil des vorjährigen oberirdischen Sprosses ist im verfaulten Zustand übrig. Es zeigen sich auch verzweigte Wurzeln I. Ordn., die spärlich kurze Wurzeln II. Ordn. besitzen.

Cirsium palustre L.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 29. VI. u. 6. VII. 1927. (4 Indiv.).

Hauptwurzel kurz und fest, violett; Länge 2—7 cm. Die Hauptwurzel treibt lange und kräftige Wurzeln II. Ordn. nach verschiedenen Richtungen, die obersten in das Moos, andere in den Torf. Die zu oberst entspringenden Wurzeln II. Ordn. sind weiss, sie gehen horizontal in das Moos, sind unverzweigt und ca. 2—4 cm lang (29. VI.). Die weiter unten ausgehenden Wurzeln II. Ordn. sind lang und wenig verzweigt, die längsten 24—30 cm lang, hellbraun. Tiefe der Wurzeln 5—30 cm. Dicke dieser Wurzeln 1.2 -2.0 mm, an der Basis mehr. Durchmesser des Zentralzylinders bei einer 1.6 mm dicken Wurzel II. Ordn. 0.48 mm. In den Wurzeln II. Ordn. in der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Mittlere Länge der Wurzeln I. Ordn. bei einem Individuum 19 cm (aus 10 Wurzeln berechnet). Länge des Stengels bei einem Individuum 165 cm; Basaldicke von dessen Stengel 1.5 cm; Länge der Hauptwurzel 7 cm, der obere Teil dick angeschwollen, der untere Teil gebogen, krumm. Ganz an der Torfoberfläche sendet es junge, weisse, unverzweigte Wurzeln aus, deren

Länge 3—5 cm beträgt; sie laufen in der Richtung der Oberfläche. Etwas weiter unten, 2—3 cm von der Torfoberfläche, gehen Wurzeln schief abwärts aus. Der Unterteil der Hauptwurzel entsendet die längsten, ältesten Wurzeln II. Ordn. nach verschiedenen Richtungen radiär. Diese Wurzeln sind am reichlichsten verzweigt, sie breiten sich in dem Torf aus und erreichen mit ihren feinsten Seitenwurzeln auch den unter dem Torf befindlichen humusreichen Mineralboden. An diesen Wurzeln sind Wurzeln. III, IV. und V. Ordn. vorhanden.

Solidago virgaurea L.

Literaturangaben: Nach Hesse (1904, S. 26) ist die Behaarung der Wurzeln dieser Art »mässig», Länge der Wurzelhaare 0.18 mm. Nach Kujala (1926, S. 102—105, mit Fig.) hat diese Art ein schräg emportsteigendes Rhizom, an dessen Ende sich eine Blattrosette befindet. Von dem Rhizom gehen bereits unmittelbar oberhalb des Bodens Wurzeln aus. Diese Wurzeln sind die zuletzt entstandenen. Sie richten sich in ihrem Wuchs abwärts, ein paar haben noch nicht einmal den Boden erreicht. Nachdem sie im Boden eine geeignete Tiefe erreicht haben, wenden sie sich seitwärts. Die jungen obersten Wurzeln sind unverzweigt, die älteren, weiter unten ausgehenden sind verzweigt und viel länger. Auch bei älteren Wurzeln richtet sich der Anfangsteil meist abwärts, woraus zu schliessen sie auf dieselbe Weise entstanden sei dürften wie die jetzigen Wurzeln. Das Rhizom kann sich 5—6 cm von der Erdoberfläche erheben.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). 3. VIII. 1929 (3 Indiv.).

Das Rhizom 9—11 cm lang, sein ältester Teil beinahe wagerecht im oberen Teil des Torfes, von da steigt es bogenartig aufwärts. Das Rhizom dunkelbraun. Zu oberst, an den Spitzen des Mooses, treibt das Rhizom wagerecht wachsende unverzweigte Wurzeln I. Ordn., deren Länge 5—6 cm beträgt. Von dem mittleren Teil des Rhizoms gehen verzweigte Wurzeln I. Ordn. aus, die auch beinahe wagerecht seitwärts in den Torf wachsen. Länge dieser Wurzeln 15—23 cm. Die meisten Wurzeln gehen 5—10 cm tief, einige 10—15 cm tief. Basaldicke der Wurzeln I. Ordn. 1.0 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.31 mm, 5 in der Mitte zusammenstossende Gefässteile, das grösste Gefäss 25 μ. Die Aussenwand der Epi-

dermis ist verdickt. In der Innenrinde sind kleine 3-eckige Interzellularräume. Die Wurzeln I. Ordn. sind an den Spitzen am meisten verzweigt. Länge der Wurzeln II. Ordn. im allgemeinen 2—5 cm, die längste gefundene 9 cm lang, Dicke 0.20—0.25 mm. Wurzeln III. Ordn. sehr wenig vorhanden. An den Wurzeln II. Ordn. erscheinen Wurzelhaare, deren Länge 0.18—0.25 mm beträgt. Wurzelhaare sind ca. 30 St. pro 1 mm zu findon. Die alten Wurzeln I. Ordn. haben keine Wurzelhaare. Die dem ältesten Rhizomteil entspringenden Wurzeln sind meistens abgestorben.

Crepis paludosa (L.) Moench.

P r o b e f l. 2 8 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). 28. VI. 1928 (3 Indiv.).

Das im Oberflächentorf kriechend aufsteigende Rhizom 4—6 cm lang, am oberen Teile 4 mm dick. In der Torfoberfläche treibt der obere Rhizomteil meistens wagerecht laufende unverzweigte Adventivwurzeln, deren Länge 3—8 cm und deren Dicke 0.56—0.62 mm beträgt. An einigen von diesen obersten Wurzeln sind kurze, einfache Wurzeln II. Ordn. vorhanden. Weiter unten sendet das Rhizom besonders reichlich Wurzeln I. Ordn. aus, die dicht meistens in einfache Wurzeln II. Ordn. verzweigt sind. Dicke der Wurzeln II. Ordn. 0.20—0.28 mm. Dicke der verzweigten Wurzeln I. Ordn. 0.60——0.62 mm, Länge 16—19 cm, Zentralzylinder 0.14 mm im Durchmesser. Tiefe der Wurzeln höchstens 10—15 cm. Im Zentralzylinder 5 undeutliche Gefässe. Die Epidermis- und Exodermiszellen sind ziemlich gross. In der Innenrinde 8 Schichten runder Zellen, Interzellularräume klein, 4-eckig. An den unteren Wurzeln I. Ordn. reichlich Wurzelhaare von 0.10—0.12 mm Länge. An einigen Wurzeln II. Ordn. sind noch kurze Wurzeln III. Ordn., deren Dicke 0.18—0.20 mm beträgt.

P r o b e f l. 7 6 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor, S. 47). 27. VI. 1929 (3 Indiv.).

Das R h i z o m, dessen Länge 4—5.5 cm beträgt, steigt unmittelbar im oberen Teile des Torfes beinahe aufrecht. Es treibt äusserst zahlreich Wurzeln I. Ordn., die reichlich mit Seitenwurzeln II. Ordn. versehen sind, und an diesen sind nur einige ganz kurze Wurzeln III. Ordn. zu finden. Die zu oberst entspringenden Wurzeln I. Ordn. sind beinahe alle unverzweigt und laufen ziemlich wagerecht in dem

oberen Teil des A-Torfes. Die Tiefe der weiter unten befindlichen Wurzeln ist höchstens 10—12 cm, die meisten Wurzeln wachsen 0—5 cm tief. Die längsten Wurzeln I. Ordn. 15—16 cm lang. Länge der Wurzeln II. Ordn. 2—4 cm. Dicke der Wurzeln I. Ordn. 0.60

Fig. 86. *Crepis paludosa.* Probefl. 76. 27. VI. 1929.

—0.62 mm. Durchmesser des Zentralzylinders 0.16—0.18 mm. In der Mitte befindet sich ein Holzteil, mit mehreren Gefässen versehen. Epidermis und Exodermis sind dünnwandig. In der Innenrinde 8—9 Zellschichten, die Interzellularräume ganz klein. Die Wurzeln I. Ordn sind sehr reichlich mit Wurzelhaaren versehen, deren Länge 0.20 —0.25 mm beträgt. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—15 %. (Fig. 86).

V. MORPHOLOGIE UND ANATOMIE DER WURZELSYSTEME.

1. DIE MORPHOLOGISCHEN WURZELSYSTEMTYPEN.

Von den Untersuchungen, in denen verschiedene Einteilungen in Wurzelsystemtypen vorgelegt werden, verdienen Rimbachs (1899), Büsgens (1901, 1905), Freidenfelts (1902, 1904), von Altens (1909) und Kokkonens Studien in erster Linie erwähnt zu werden.

Rimbach (l. c., S. 18—35) teilt die Wurzeln einiger von ihm untersuchten Gefässpflanzen unter Beachtung ihrer morphologischen und vor allem ihrer physiologischen Eigenschaften in vier Typen ein, und zwar in: 1) Nährwurzeln, 2) starre Haftwurzeln, 3) Zugwurzeln und 4) Speicherungswurzeln. Büsgen (1905) teilt die Wurzeln der von ihm untersuchten dikotyledonen Wurzeln auf physiologischen Grundlagen in zwei Gruppen, nämlich in extensive und intensive Wurzeln ein, die sich auch morphologisch »in dem Charakter der letzten Auszweigungen des Wurzelsystems» voneinander unterscheiden, nämlich 1) in der Dicke der einzelnen Wurzelästchen, 2) dem Verhältnis zwischen der Länge und Stärke ihrer Mutterwurzel, 3) dem Reichtum und Charakter der Verzweigung in den äussersten Regionen des Wurzelsystems. von Alten (1909, S. 186) gruppiert die Wurzeln in Bereicherungswurzeln und Ernährungswurzeln und bemerkt, wie auch Rimbach und Freidenfelt (1902, S. 103), dass dieselbe Art verschiedene Wurzeln haben kann. Nach Kokkonen (1927, S. 14) muss man bei der Einteilung der Wurzeln die Entstehungszeit und die Entstehungsstelle, den äusseren und inneren Bau sowie den Zweck der Wurzel in Betracht ziehen. Kokkonen gruppiert die Wurzeln des Roggens und anderer Getreidearten aus diesen

Gründen in vier Typen: 1) Keim- oder Samenwurzeln, 2) Nährwurzeln, 3) Nähr-Stützwurzeln und 4) Stützwurzeln.

Freidenfelts Untersuchungen sind die gründlichsten auf diesem Gebiet und umfassen die grösste Anzahl Arten. Seine Typeneinteilung ist auch am detailliertesten und sehr kompliziert. Er (1902, S. 128—208) teilt die Pflanzen auf Grund der morphologischen Kennzeichen ihrer Wurzeln in zwei Hauptgruppen ein, in den Hauptwurzeltypus und den Adventivwurzeltypus, und unterscheidet im ersteren drei Untertypen, nämlich den Ruderattypus, den Zentraltypus und den Pfahlwurzeltypus; der Adventivwurzeltypus zerfällt ebenfalls in zwei Gruppen, nämlich den mesophil-xerophilen und den hydrophilen Typus, und bei diesen beiden in verschiedene Untertypen. In seiner späteren Untersuchung (1904) spricht Freidenfelt auf Grund anatomischer Gesichtspunkte hauptsächlich von zwei Wurzeltypen, nämlich von den Wurzeln der Hydrophyten und der Xerophyten, deren anatomischer Bau charakteristische Unterschiede aufweist. Freidenfelts Untersuchungen behandeln Pflanzen von den verschiedensten Standorten, und die Zahl der auf Mooren wachsenden Arten, die in bezug auf die Anatomie und Morphologie ihrer Wurzeln besprochen werden, ist sehr gering. Freidenfelt hat bei seiner Typeneinteilung die unterirdischen Stengelteile, z. B. Rhizome und Ausläufer, nicht beachtet.

Da die in der vorliegenden Untersuchung vorkommenden Arten zum grössten Teil andere sind und auf andersartigen Standorten wachsen als die in den obengenannten Arbeiten behandelten, und da viele Moorpflanzen wichtige unterirdische Stengelteile besitzen, die ich auch bei meiner Wurzeltypeneinteilung in Betracht gezogen habe, ist meine Einteilung ganz anders ausgefallen als diejenige Freidenfelts und anderer Forscher, in denen nur die Eigenschaften der Wurzeln Beachtung gefunden haben. Ich habe die Einteilung der Wurzelsystemtypen auf morphologische Kennzeichen basiert unter Berücksichtigung folgender Umstände: 1) ob die zu untersuchende Pflanzenart eine Hauptwurzel oder Adventivwurzeln besitzt, 2) von welcher Art ist das Rhizom der Pflanze oder fehlt ein solches, 3) ob die Pflanze Wurzelknollen aufweist, 4) ob die Pflanze einfache, verzweigte Adventivwurzeln oder einfache Seitenwurzeln (Wurzeln II. Ordn.) hat oder ob die Seitenwurzeln auch verzweigt sind, 5) ob die Hauptwurzel lang oder schwach, kurzdauernd und reduziert ist.

Wurzelsystem nenne ich die Gesamtheit der unterirdischen Teile jedes Pflanzenindividuums, die sich aus Wurzeln, Rhizom und Ausläufer zusammensetzt. Unter einer Adventivwurzel verstehe ich jede von einer Stammpartie ausgehende Wurzel. Diese wie auch die Hauptwurzeln nenne ich auch Wurzeln I. Ordn. Die Bezeichnung Seitenwurzel oder Wurzel II.—III. und höherer Ordnung, wird für Wurzelzweige benutzt, die von der Hauptwurzel oder den Adventivwurzeln ausgehen.

Ich habe zugleich die anatomischen Hauptmerkmale der verschiedenen Wurzelsystemtypen beachtet. Sie sind nach der Einteilung der Wurzelsystemtypen angegeben.

Die morphologischen und anatomischen Kennzeichen der einzelnen Arten finden sich in Kap. IV Art für Art angeführt.

Auf Grund der morphologischen und anatomischen Wurzelsystemkennzeichen der vorkommenden Typen und der zu ihnen gehörenden einzelnen Arten können die Rhizome und Wurzeln, die man bei der Herstellung von Torfprofilen in den aus verschiedenen Tiefen entnommenen Torfproben antrifft, der Art nach bestimmt werden.

WURZELSYSTEMTYPENVERTEILUNG.

I. DIE PFLANZEN MIT HAUPTWURZEL.

1) *Peucedanum*-Typus. Hauptwurzel lang, häufig dick, Wurzelhals öfters angeschwollen. Die Hauptwurzel dringt aber nicht tief in den Boden ein, sondern nimmt bald eine beinahe wagerechte Richtung an und wächst nahe an der Oberfläche. Die oben von der Hauptwurzel ausgehenden Seitenwurzeln sind entweder ganz unverzweigt oder nur wenig verzweigt; die unten entspringenden Wurzeln haben reichlich Seitenwurzeln (II.—IV. Ordn.). Am ausgiebigsten verzweigt sind die Wurzeln an ihrer Spitze. Arten: *Peucedanum palustre*, *Angelica silvestris* (Fig. 70), *Cirsium palustre*. (Die Wurzeln von *Angelica* und *Peucedanum* entsprechen am ehesten dem Ruderattypus und *Cirsium* dem Pfahlwurzeltypus Freidenfelts).
2) *Melampyrum*-Typus. Eine Hauptwurzel kommt vor, ist aber immer schwach. Das Wurzelsystem ist überhaupt sehr reduziert, einjährig. An der Hauptwurzel und besonders an deren spröden Seitenwurzeln,

deren es nur einige gibt, finden sich Haustorien, mit denen diese Halbschmarotzer sich an die Wurzeln von Gräsern und an *Sphagnum*-Blätter festsaugen. Die (verhältnismässig) schwächste Hauptwurzel besitzen *Pedicularis palustris* und *P. sceptrum*, bei dem sie häufig verschwunden und durch aus den unterirdischen Stengel hervortretende Adventivwurzeln (sprossbürtige Wurzeln) ersetzt ist. Arten: *Melampyrum pratense*, *M. silvaticum*, *Pedicularis palustris*, (Fig. 83), *P. sceptrum*, *Rhinathus minor*.

3) *Montia*-Typus. Hauptwurzel ausserordentlich schwach, fehlt mitunter ganz, wird dann durch Adventivwurzeln ersetzt. Von der Hauptwurzel gehen gewöhnlich unverzweigte Seitenwurzeln aus. *Ebilobium* hat einige Wurzeln III. Ordn. Arten: *Montia lamprosperma*, (Fig. 57), *Epilobium palustre* (Fig. 69), *Drosera rotundifolia*. Die letztgenannte oft ohne Hauptwurzel, siehe *Drosera*-Typus.

II. PFLANZEN MIT ADVENTIVWURZELN BZW. SPROSSBÜRTIGEN WURZELN.

I. *Die Pflanzen mit deutlichem Rhizom.*

A. Die Adventivwurzeln einfach, unverzweigt.

4) *Cypripedilum*-Typus. Rhizom stark, vielgliederig; entsendet oft eine grosse Menge stäts unverzweigter Adventivwurzeln, die viele Jahre lang leben, mitunter einige Jahrzehnte. Arten: *Cypripedilum calceolus*, (Fig. 54), *Listera ovata*, (Fig. 52), *L. cordata*, (Fig. 53).

B. Die Adventivwurzeln entweder einfach oder mit unverzweigten Seitenwurzeln.

5) *Paris-Majanthemum*-Typus. Rhizom lang, verzweigt, meistens wagerecht, nahe an der Oberfläche. Die meisten Adventivwurzeln einfach, einige besitzen einfache Seitenwurzeln. Arten: *Majanthemum bifolium*, (Fig. 50), *Paris quadrifolius*, *Trientalis europaea*, (Fig. 77).

6) *Parnassia*-Typus. Rhizom ziemlich stark, vieljährig, schräg nach oben wachsend. Die Wurzeln gehen häufig büschelweise vom Rhizom aus. Die jungen Wurzeln unverzweigt, die älteren spärlich verzweigt. Wurzeln III. Ordn. kommen ausnahmsweise vor, nämlich bei Individuen, die auf trockenem Boden wachsen. Arten: *Parnassia palustris*, (Fig. 60), *Prunella vulgaris*, (Fig. 82).

7) *Galium-Lysimachia*-Typus. Rhizom lang, oft reichlich verzweigt, mit Ausläufern versehen. Die Wurzeln entspringen büschelweise aus

den Knoten des vielgliederigen Rhizoms an den Ansatzstellen der Unterblätter und der Sprosse. Die aus dem oberen Teil des Rhizoms hervorgehenden Wurzeln sind unverzweigt, unten finden sich einfache Wurzeln II. Ordn. Arten: *Galim palustre*, *G. uliginosum*, (Fig. 85), *Scutellaria galericulata*, *Lysimachia thyrsiflora*, (Fig. 78). Die Typen 6 u. 7 morphologisch nahe einander.

8) *Calla*-Typus. Rhizom dick und fleischig, grün; Lage beinahe wagerecht. Die älteren Teile des Rhizoms gehen bald zugrunde. Die Wurzeln gehen büschelweise und reihenweise vom Rhizom an den Ansatzstellen der Bältter aus. Sie sind dimorph: 1) die meisten unverzweigt, 2) einige haben einfache Wurzeln II. Ordn. Die Wurzeln sind schwach, von kurzer Lebensdauer, ihre Dehnbarkeit 5—15 %, häufig unter 5 %. Die einzige Art: *Calla palustris*. (Fig. 48).

9) *Equisetum*-Typus. Rhizom tiefgehend, verzweigt; teils horizontal, teils vertikal. Die Wurzeln gehen von den Knoten des Rhizoms aus, je 4—25 Stück von jedem Knoten, radiär nach allen Seiten. Die Wurzeln sind ziemlich kurz; die oberen, jungen Wurzeln sind unverzweigt; die unteren aus dem Rhizom entspringenden Wurzeln sind mit einfachen Wurzeln II. Ordn. versehen. Arten: *Equisetum fluviatile*, (Fig. 4), *E. palustre*, *E. silvaticum*, *Phragmites communis*, (Fig. 8). (Auch *Carex filiformis* gehört morphologisch nahe zu diesem Typus.)

10) *Eriophorum-Sparganium*-Typus. Die Wurzeln sind dimorph: 1) unverzweigte Wurzeln I. Ordn. und 2) spärlich verzweigte Wurzeln I. Ordn., darunter insgemein ganz kurze Wurzeln II. Ordn. Die Wurzeln im ganzen schwach, Dehnbarkeit häufig unter 10 %.
a) Das Rhizom mit langen wagerechten Ausläufern. Die Wurzeln gehen von der Basis der Stengel und die jüngeren ganz unverzweigten Wurzeln von der Spitze der Ausläufer aus. Arten: *Eriophorum polystachyum*, (Fig. 15), *E. gracile*, *Sparganium simplex*, *S. minimum*.
b) Das Rhizom kurz, aufwärts verzweigt, ohne Ausläufer. Die Wurzeln gehen vom Basalteil der Sprosse aus. Arten: *Eriophorum vaginatum*, (Fig. 20), *E. latifolium*, (Fig. 17), *E. callitrix*, (Fig. 21), *Rhynchospora alba*, (Fig. 29), *Juncus stygius*.

C. Die Adventivwurzeln mit verzweigten Seitenwurzeln.

11) *Geranium*-Typus. Rhizom dick, ziemlich lang, wächst beinahe wagerecht nahe an der Oberfläche, die Spitze schräg aufwärts gekrümmt. Die oberen, vom Rhizom ausgehenden jungen Wurzeln sind des öfteren unverzweigt oder nur mit einfachen Nebenwurzeln II. Ordn.

versehen; die unten entspringenden Wurzeln sind verzweigter, und viele haben Wurzeln III.—IV. Ordn. Die meisten Seitenwurzeln befinden sich an den Wurzelspitzen und sind typische Haftwurzeln. Dehnbarkeit der Wurzeln 10—15 %. Arten: *Geranium silvaticum*, (Fig. 65), *Geum rivale*, *Myosotis palustris*, *Ulmaria pentapetala*, (Fig. 62), *Solidago virgaurea*, *Crepis paludosa* (Fig. 86),

12) *Menyanthes*-T y p u s. Rhizom lang, vielgliedrig und verzweigt. Die Wurzeln gehen von den Knoten aus, eine oder mehrere von jedem. Die Wurzeln sind trimorph: 1) dicke, unverzweigte junge Wurzeln, 2) dicke, spärlich verzweigte Wurzeln und 3) feine, reichlich verzweigte Wurzeln. Die feinen Wurzeln sind kurz, die dicken viel länger und tiefer in den Boden eindringend. (Die ersteren sind Nährwurzeln, die letzteren Nähr-Stützwurzeln.) Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 15—20 %. Arten: *Menyanthes trifoliata*, (Fig. 80), *Scheuchzeria palustris*.

13) *Agrostis-Luzula*-T y p u s. Rhizom schwach, wagerecht oder schräg aufwärtswachsend, oft mit Ausläufern versehen. Die Wurzeln sind dimorph: 1) unverzweigte und 2) verzweigte, an denen man verhältnismässig dicht gedrängte einfache Wurzeln II. Ordn. und undicht stehende Wurzeln III. Ordn. findet. Die meisten Pflanzen dieses Typus haben feine und zarte Wurzeln. Arten: *Agrostis vulgaris*, *A. canina*, *Festuca rubra*, *Calamagrostis phragmitoides* (Fig. 7), *C. stricta*, *Aera flexuosa*, *A. caespitosa*, *Hierochloë odorata*, *Nardus stricta*, *Luzula multiflora*, *L. sudetica*.

14) *Carex*-T y p u s. Rhizom der meistens wagerecht, mit Ausläufern versehen oder aufwärtswachsend mit sympodialer Verzweigung. Die Wurzeln gehen vom Rhizom an der Basis der oberirdischen Stengel aus, die jungen unverzweigten Wurzeln von der Spitze der Ausläufer. Die Wurzeln sind dimorph oder trimorph: 1)unverzweigte dicke junge Wurzeln, 2) ziemlich reichlich verzweigte dicke Wurzeln, die bei mehreren Arten tief in den Boden stossen, 3) feine, reichlich verzweigte Nährwurzeln, die sich nahe an der Oberfläche befinden. Arten: *Carex vesicaria*, (Fig. 30), *C. rostrata*, *C. filiformis*, (Fig. 31), *C. irrigua* (Fig. 33), *C. limosa* Fig. 36), *C. sparsiflora*, *C. panicea*, *C. aquatilis*, *C. globularis*, *C. caespitosa*, *C. Goodenoughii*, *C. juncella*, *C. echinata*, *C. canescens*, *C. loliacea*, (Fig. 42), *C. teretiuscula*, *C. chordorrhiza*, *C. microstachya*, (Fig. 44), *C. pauciflora*, (Fig. 45), *C. dioeca*, (Fig. 46, 47), *C. flava*, *C. Oederi*, (Fig. 38), *C. capillaris*, (Fig. 37), *C. heleonastes*, (Fig. 42). Die vier letzterwähnten Arten unterscheiden sich von den übrigen durch ihr ganz kurzes Rhizom und das Fehlen von Ausläufern. Die Pflanzen dieses Typus haben im allgemeinen sehr dehnbare Wurzeln; die Dehnbarkeit schwankt bei den untersuchten Arten zwischen 20—60 %.

15) *Eriophorum alpinum*-T y p u s. Die Länge der Internodien und mithin die Länge des ganzen Rhizoms schwankt je nach der Art des Torfbodens: in schnell wachsendem S-Torf (*Sphagnum fuscum*) und losem Bruchmoortorf ist das Rhizom lang und verzweigt mit aufwärtstreibenden Zweigen, während in festem Torf oder unhumifiziertem S-Torf die Internodien des Rhizoms kurz sind und die Wuchsart daher dichter zusammengedrängt ist. Die Wurzeln sind dimorph (bei *Juncus filiformis* trimorph); 1) unverzweigte junge, dicke Wurzeln, 2) dicke, verzweigte ältere Wurzeln, darunter Wurzeln II.—IV. Ordn., 3) feine, verzweigte Wurzeln. Arten: *Eriophorum alpinum*, (Fig. 22, 23), *Juncus filiformis*, *Scirpus caespitosus*, (Fig. 26, 27).

16) *Myrtillus*-T y p u s. Rhizom lang, des öfteren reichlich verzweigt. Die Wurzeln sind reichlich, beinahe korallenähnlich in feine Wurzeln III.—IV, oft V. Ordn. verzweigt. Mykorrhizawurzeln sind allgemein. Bei einigen Arten kann die Hauptwurzel lange ausdauern (*Calluna* und mitunter *Ledum*); trotzdem habe ich diese Arten zu den Adventivwurzeltypen gerechnet, da ihre sprossbürtigen Wurzeln dennoch bemerkenswerter als die Hauptwurzel sind (wenigstens bei Moorindividuen) und öfters schon früh, gewöhnlich schon im ersten Sommer entstehen. Arten: a) Holzgewächse: *Empetrum nigrum*, (Fig. 73), *Ledum palustre*, (Fig. 67), *Cassandra calyculata* (Fig. 74), *Andromeda polifolia*, *Myrtillus nigra*, *M. uliginosa*, *Vaccinium vitis idaea*, (Fig. 75), *Oxycoccus paluster*, (Fig. 76), *O. microcarpus*, *Calluna vulgaris*, *Rhamnus frangula*, *Betula nana*, (Fig. 56); kräuterartige Pflanzen: *Rubus chamaemorus*, *Comarum palustre*, *Cornus suecica*, *Pirola minor*, (Fig. 71), *P. rotundifolia*, (Fig. 72), *P. secunda*, *Viola palustris*, (Fig. 68), *V. epipsila*.

17) *Rubus arcticus*-T y p u s. Von dem unterirdischen, senkrechten Stengel oder der Hauptwurzel (die bei einigen Individuen teilweise ausdauern kann) gehen reichlich verzweigte rhizomähnliche lange Wurzeln wagerecht in den Torf aus, an denen Adventivknospen entspringen. Unter den Wurzeln befinden sich solche II.—IV. und sogar V. Ordn. (Fig. 63.)

2. *Pflanzen ohne Rhizom oder mit sehr undeutlichem Rhizom.*

A. Die Adventivwurzeln einfach, unverzweigt.

18) *Drosera*-T y p u s. Zum Wurzelsystem gehören nur einige, 4—13, gewöhnlich ganz unverzweigte Adventivwurzeln, die kurz, spröde und schwach und sehr dicht mit auch dem blossen Auge sichtbaren Wurzelhaaren besetzt sind. Arten: *Drosera rotundifolia*, (Fig. 58),

D. longifolia, (Fig. 59), *Pinguicula vulgaris*. (*Drosera rotundifolia* kann mitunter auch eine Hauptwurzel haben, vgl. *Montia*-Typus.) (Fig. 57).

B. Die Adventivwurzeln mit (verzweigten) Seitenwurzeln.

19) *Ranunculus*-Typus. Von dem sehr kurzen unterirdischen Stengel geht ein Büschel (10—30 Stück) mächtiger und langer Adventivwurzeln aus, von denen die längsten 20—40 cm lang sein können. Die Wurzeln sind bei mehreren Individuen deutlich dimorph, hin und wieder trimorph: 1) dicke, unverzweigte junge Wurzeln, 2) dicke, einigermassen verzweigte Wurzeln (Nähr-Stützwurzeln), 3) feinere, am reichsten verzweigte Wurzeln (Nährwurzeln), deren Seitenwurzeln, namentlich nach der Spitze zu, in Wurzeln III. Ordn. verzweigt sein können. Dehnbarkeit der Wurzeln I. Ordn. 10—15 %, ausnahmsweise grösser. Arten: *Ranunculus acer*, *R. repens*, *Caltha palustris*.

20) *Molinia*-Typus. Die unterirdischen Stamminternodien der Stengel sind zwiebelartig angeschwollen, überwinternd. Die Wurzeln sind lang, stark und dick, druckbeständig, oft tief in den Torf stossend, überwinternd. Die Wurzeln sind mehr oder weniger verzweigt; am reichlichsten nach der Spitze zu; Wurzeln III.—IV. Ordn. kommen vor. Einzige Art: *Molinia coerulea*. (Fig. 11 u. 12).

3. *Wurzelknollengewächse.*

21) *Orchis*-Typus. Aus den zusammengewachsenen Adventivwurzeln hat sich ein Wurzelknollen gebildet. Oberhalb der Wurzelknollen gehen 4—7 getrennte Nebenwurzeln aus. Die Wurzeln wachsen im allgemeinen nicht tief. Sämtliche Wurzeln sind unverzweigt; sie sind von kurzer Lebensdauer, umgekehrt wie bei den *Cypripedilum*-Typ. Arten: *Orchis maculatus*, *O. incarnatus*, *O. Traunsteineri*, (Fig. 51), *Gymnadenia conopea*, *Platanthera bifolia*.

2. ANATOMISCHE CHARAKTERKENNZEICHEN DER WURZELSYSTEMTYPEN.

Die Einteilung in Wurzelsystemtypen ist, wie gesagt, auf Grund der morphologischen Kennzeichen der Rhizome und Wurzeln erfolgt. Jedoch haben die Pflanzen der meisten dieser Typen auch gemeinsame anatomische Merkmale, die für jeden Typus auch in gewissem

Masse charakteristisch sind. Wenn eine zu einem bestimmten Typus gehörende Art einen von dem Gesamtbild des Typus abweichenden anatomischen Bau aufweist, wird dies im Zusammenhang mit den Charakterkennzeichen des Typus besonders erwähnt. Die detaillierten Angaben über den anatomischen Bau des Wurzelsystems einer jeden Art finden sich aber in den Beschreibungen der einzelnen Arten, Kap. IV.

Da in der vorliegenden Studie das Hauptaugenmerk nicht auf den anatomischen Bau der Wurzelsysteme gerichtet gewesen ist, —dazu war die Zahl der behandelten Arten viel zu gross —, ist die anatomische Bestimmung der Typen recht heterogen ausgefallen. Die anatomischen Verhältnisse habe ich nämlich hauptsächlich dann berücksichtigt, wenn es für die Bestimmung der Wurzelsysteme, die durch Profilschnitte aus verschiedenen Tiefen des Torfes hervorgeholt wurden, notwendig war.

1) *Peucedanum*-T y p u s. Die Aussenwand der Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. ein wenig verdickt. Wurzelhaare fehlen. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen. Im Zentralzylinder 4—6 Hadrome. Die Wurzeln von *Angelica* weisen einen anderen Bau auf: Unter der dünnmembranigen Epidermis und Exodermis sieht man eine aus glatten Zellen gebildete dreischichtige Aussenrinde, deren Zellen verholzt sind. In der Innenrinde finden sich kleine runde Zellen und zwischen ihnen kleine Interzellularräume verschiedener Grösse. Im Zentralzylinder sind die Gefässe zerstreut.

2) *Melampyrum*-T y p u s. Die Epidermiszellen der Hauptwurzel sind häufig geschwunden, die Exodermiszellen sind gross, ihre Aussenwand ein wenig verdickt. Im Zentralzylinder sieht man zahlreiche Gefässe und Doppelgefässe im Hadrom zerstreut, das undeutlich polyarch ist. Die Wurzeln enthalten Haustorien, und an diesen findet sich hier und da ein Wurzelhaar. *Pedicularis palustris* hat in der Innenrinde der Hauptwurzel 5 Zellschichten und 9 radiäre Lufthöhlen; schliesslich verschwindet die Innenrinde ganz.

3) *Montia*-T y p u s. Die Wurzeln sind ungemein zart und spröde. Lange Wurzelhaare kommen überaus reichlich vor. In der Innenrinde kleine Interzellularräume. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. von *Epilobium palustre* sind dünnwandig, die Exodermiszellen grösser, rund.

1) *Cypripedilum*-T y p u s. Die Aussenwand der Epidermiszellen der Wurzeln ein wenig verdickt, braun; die Exodermiszellen dünnmembranig.

Die Rindenzellen ziemlich gross, durch kleine 3—4-eckige Interzellularen getrennt. Die Rindenzellen enthalten Stärke, namentlich die der älteren Wurzeln, welche Speicherungswurzeln darstellen. Das Hadrom des Zentralzylinders ist ziemlich gut entwickelt. (Die Wurzel von *Cypripedilum* ist schliesslich oktarch.) Sämtliche Pflanzen dieses Typus sind ± mykotroph; an den älteren Wurzeln fehlen die Pilzmycelien meistens. Die Wurzeln von *Cypripedilum* sind oft ganz ohne Wurzelhaare. Die Wurzeln der *Listera*-Arten besitzen deren meistens reichlich, und besonders bei *L. cordata* sind sie lang. Die jungen Wurzeln haben mehr Wurzelhaare.

5) *Paris-Majanthemum*-T y p u s. Die Epidermiszellen des Rhizoms braunwandig, wenigstens die Aussenwand verdickt, die Haut der Exodermis dünner. In der Rinde befinden sich runde Zellen, dazwischen kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume. Die Rindenzellen enthalten Stärke. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Wurzeln sind rund, verhältnismässig gross. Rindenzellen rund, Interzellularen klein, 3- oder 4-eckig. Endodermis dickmembranig. An den Wurzeln Wurzelhaare, bei *Majanthemum* ziemlich reichlich, bei *Paris* spärlich. Nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 359) und nach Draheim (1929, S. 410) findet sich Mykorrhiza an den Wurzeln von *Majanthemum* und *Paris*.

6) *Parnassia*-T y p u s. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. sind klein, die Epidermis hat (wenigstens bei *Parnassia*) 2 Zellschichten. Die Zellen der Innenrinde sind rund oder eckig, die Interzellularräume fehlen gänzlich oder sind 3- oder 4-eckig. Wurzelhaare kommen nicht vor, Pilzfäden finden sich besonders in der Innenrinde der Wurzeln II. Ordn., wie auch Freidenfelt (1904, S. 60) und Stahl (1900, S. 552) erwähnen. Nach Höveler (1892, S. 308) sind Wurzelhaare, aber keine Pilzhyphen vorhanden. Der Zentralzylinder der Wurzeln I. Ordn. von *Parnassia* ist triarch oder tetrarch (nach Thouvenin, 1890, S. 51 ist er pentarch); die Hadrome in der Mitte vereinigt; insgesamt finden sich im Zentralzylinder 10—20 Gefässe.

7) *Galium-Lysimachia*-T y p u s. *Lysimachia* weist in der Rinde ihrer Ausläufer grosse ovale Interzellularen auf, die von einer Schicht kleiner Zellen umgeben sind. Die Ausläufer von *Galium* besitzen ein peripheres mechanisches Gewebe an den Kanten des viereckigen Stengels. Die Wurzeln sind schwach. Bei *Lysimachia* fehlen die Wurzelhaare völlig, und auch bei *Galium* kommen sie nur sehr spärlich vor. Mykorrhiza ist nicht vorhanden.

8) *Calla*-T y p u s. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Wurzeln I. Ordn. sind dünnwandig, die Exodermiszellen ein wenig grösser. In der Aussenrinde findet sich kein mechanisches Gewebe. In der Innenrinde etwa 10 aus runden, dünnmembranigen Zellen bestehende Zell-

schichten; Interzellularräume ziemlich gross, von verschiedener Grösse, radiär verlaufend. Im Zentralzylinder 5—6 radiäre Gefässgruppen. Weder Wurzelhaare noch Mykorrhiza kommen vor. (Nach Höveler, 1892, S. 308, wird Mykorrhiza in den Wurzeln angetroffen.)

9) *Equisetum*-T y p u s. In der Mitte des Rhizoms befindet sich entweder eine grosse Lufthöhle (*Equisetum fluviale, Phragmites communis*) oder 6—7 kleine Höhlen (*E. palustre, E. silvaticum*); in der Rinde sieht man zahlreiche kleine periphere Hohlräume. Die Innenrinde der Wurzeln I. Ordnung besitzt grosse Lufthöhlen. Wurzelhaare kommen im allgemeinen reichlich vor. Bei *Phragmites* findet man in der Aussenrinde der Wurzeln eine aus 2—4 Schichten kleiner dickwandiger Zellen gebildete Scheide.

10) *Eriophorum-Sparganium*-T y p u s. Beiden mit Ausläufern versehenen Arten (*Eriophorum polystachyum, E. gracile, Sparganium simplex, S. minimum*) sind die Epidermis- und Exodermiszellen der Ausläufer dünnwandig. In der Innenrinde sieht man grosse, runde Interzellularen, häufig in radiärer Stellung, oder es befindet sich in der Mitte eine grosse Lufthöhle. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. sind dünnhäutig, und schwinden häufig bald; die Membran der Exodermis ist des öfteren auch dünn oder ganz wenig verdickt. In der Aussenrinde finden sich ausserdem 1—4 Zellschichten ohne Interzellularräume; die Membranen dieser Zellen sind im allgemeinen nicht verdickt, eine Ausnahme bildet *Eriophorum vaginatum*, in dessen Aussenrinde unter der Exodermis eine von 3—4 Schichten dickwandiger Zellen gebildete Scheide zu beobachten ist. (Fig. 18 b). Die Zellen der Innenrinde verlaufen zuerst in den jungen Wurzeln in regelmässigen radiären und konzentrischen Reihen von kleinen Interzellularräumen getrennt, bei den älteren Wurzeln sind die Zellen der Innenrinde teilweise geschwunden, so dass sich regelmässige tangentiale Interzellularräume (Lufthöhlen) in radiären Reihen gebildet haben. Wurzelhaare finden sich sowohl an den Wurzeln I. als II. Ordn. Bei den älteren Wurzeln I. Ordn. ist die Epidermis mit den Wurzelhaaren indes häufig geschwunden. Die Wurzelhaare sind zumeist weiss oder gelblich. In den älteren Wurzeln I. Ordn. ist die Innenwand der Endodermis meistens verdickt. In der Mitte des Zentralzylinders finden sich einige grosse Gefässe kreisförmig angeordnet (1—6 Stück) und ausserhalb derselben eine drei- oder vierfache Zahl kleiner peripherer Gefässe; die Zahl der Hadrome und Leptome stimmt gewöhnlich mit der der kleinen peripheren Gefässe überein.

11) *Geranium*-T y p u s. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Wurzeln I. Ordn. sind gewöhnlich dünnhäutig oder die Aussenwand ist ein wenig verdickt. In der Aussenrinde sind keine besonderen mechanischen Zellen vorhanden. Die Zellen der Innenrinde verlaufen nicht in regelmässi-

gen radiären Reihen, die Zellen sind rund oder eckig, die Interzellularräume klein, höchstens von der Grösse der Zellen, 3- oder 4-eckig. Kurze Wurzelhaare finden sich an den jungen Wurzeln, nicht immer an den älteren, deren Epidermis schwindet. (Fig. 66).

12) *Menyanthes*-T y p u s. Die Innenwand der Epidermiszellen des Rhizoms ein wenig verdickt. Darunter in der Aussenrinde eine aus 2—5 Zellschichten bestehende kleinzellige Scheide. In der Innenrinde grosse Lufthöhlen, die von einer Schicht kleiner Zellen umgeben sind. In den Zellen der Innenrinde und in den Markzellen Stärke. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Wurzeln I. Ordn. klein, die Aussenwand mitunter verdickt. In der Aussenrinde noch eine von 2—5 Zellschichten gebildete Scheide ohne Interzellularräume. In der Innenrinde grosse ovale oder runde Lufthöhlen, die durch Schwund der Zellen entstanden sind. Im Zentralzylinder 5—12 radiäre Gefässgruppen und ebensoviele Leptome; die grössten Gefässe liegen zu innerst. Wurzelhaare können sich an den Wurzeln sämtlicher Ordnungen finden, häufig sieht man sie nur an den Wurzelspitzen; alte Wurzeln haben keine Wurzelhaare.

13) *Agrostis-Luzula*-T y p u s. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Ausläufer relativ klein. In der Innenrinde kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume. Die Epidermis- och Exodermiszellen der Wurzeln I. Ordn. dünnhäutig, die Epidermiszellen häufig verhältnismässig gross; bei den älteren Wurzeln kann die Exodermiswand sich zuletzt ein wenig verdicken. Die meisten haben nur kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume in der Innenrinde. Die Innenwand der Endodermis des öfteren stark verdickt. Wurzelhaare kommen im ganzen reichlich vor, namentlich an den jüngeren Wurzeln, und sie sind im allgemeinen lang. Pilzhyphen finden sich an der Innenrinde der Wurzeln von *Agrostis vulgaris*, *Aera flexuosa*, *Luzula* und (nach Voss, 1929, S. 199) *Nardus stricta* haben in der Innenrinde grosse radiäre Interzellularen.

14) *Carex*-T y p u s. In der Aussenrinde des Rhizoms (und der Ausläufer) findet sich eine aus kleinen, dickmembranigen Zellen gebildete Scheide mit 3—5 Zellschichten; die meisten Pflanzen dieses Typus haben in der Innenrinde grosse Lufthöhlen (7—30 Stück) und einige ausserdem in der Mitte eine grosse Höhle. Die Haut der Epidermis- und Exodermiszellen der Wurzeln I. Ordn. ist zuerst dünn, bei den älteren Wurzeln ist die Membran ein wenig verdickt. Die unter der Exodermis befindliche Aussenrinde hat sich in eine periphere Scheide umgebildet, die 2—8 Schichten (häufig 3—4 Schichten) dickmembraniger Zellen ohne Interzellularräume aufweist. Die Zellen der Innenrinde der jüngeren Wurzeln I. Ordn. verlaufen in regelmässigen radiären und konzentrischen Reihen, und zwischen diesen befinden sich kleine 3- oder 4-eckige Interzellularräume (Lufthöhlen) in 10—30 radiären Reihen; die Lufthöhlen

sind infolge des regelmässigen Schwindens der Zellen entstanden. Schliesslich kann die Innenrinde gänzlich schwinden. Die Innenrinde ist mithin immer von schwacher Struktur, die durch die Stärke der Aussenrinde kompensiert wird. Das mechanische Gewebe liegt auch in der Mitte des Zentralzylinders. Die Innenwand der Endodermis ist oft stark verdickt. Wurzelhaare finden sich beinahe an den Wurzeln sämtlicher Ordnungen; bei *Carex irrigua* und *C. limosa* auch an den ältesten Wurzeln; als Ausnahme sei *C. dioeca* erwähnt, bei der die Wurzelhaare im allgemeinen fehlen; bei dieser Art habe ich Wurzelhaare nur auf der Probefläche 45 (vgl. S. 190) gefunden. Pilzhyphen haben nur wenige Arten dieses Typus, z. B. *Carex flava*, *C. Oederi*, *C. panicea* und *C. dioeca*.

15) *Eriophorum alpinum*-Typus. Die Zellen der Aussenrinde des Rhizoms sind dickwandig und enthalten Reservestoffe, wenigstens bei *Juncus filiformis*. In der Innenrinde des Rhizoms hat *J. filiformis* 15—16 Lufthöhlen. *Eriophorum alpinum* hat keine Höhlen. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. sind im allgemeinen dünnmembranig, die Aussenwand von *J. filiformis* ist ein wenig verdickt. In der Aussenrinde finden sich noch 2—4 Schichten dickwandiger mechanischer Zellen ohne Interzellularräume. In der Innenrinde haben *Scirpus caespitosus* und *Eriophorum alpinum* tangentiale Interzellularen, schliesslich schwindet die Innenrinde ganz. *Juncus filiformis* hat in der Innenrinde radiäre Lufthöhlen, keine tangentialen Wände. Die Innenwand der Endodermis ist stark verdickt. In der Mitte des Zentralzylinders finden sich 4—7 grosse Gefässe, an der Aussenseite die doppelte Anzahl kleiner Gefässe; 10—14 Hadrome und Leptome. Die Wurzelhaare sind lang. Pilzhyphen fand ich nur an den Wurzeln III.—IV. Ordn. von *Scirpus caespitosus*, die dann angeschwollen waren.

16) *Myrtillus*-Typus. Die Pflanzen der Gruppe a dieses Typus sind mykotroph und ganz ohne Wurzelhaare. Die Wurzelrinde hat bloss einige (2—4) Zellschichten; die Zellmembranen sind sehr dünn, Interzellularräume fehlen. Die wenigstens stellenweise an den feinsten Wurzeln reichlich vorkommenden Pilzhyphen dringen häufig in die Epidermiszellen hinein, wobei solche Mykorrhizawurzeln häufig angeschwollen sind. Die Mykorrhizawurzeln sind oft von kurzer Lebensdauer. Die Gruppe b ist anatomisch heteregoner. Die Wurzeln der *Viola*-Arten haben keine Pilzhyphen, und an den Wurzeln II. und III. Ordn. kommen nur spärlich Wurzelhaare vor. Nach Höveler (1892, S. 309) besitzen die Wurzeln von *Comarum palustre* Wurzelhaare; selbst habe ich solche nicht angetroffen. Nach Kirchner (1925, S. 220) finden sich an den Wurzeln der *Pirola*-Arten, wiewohl nur an der Spitze, Wurzelhaare. In der Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. von *Rubus chamaemorus* sieht man regelmässige, recht grosse Interzellularräume.

17) *Rubus arcticus*-T y p u s. Wurzelhaare fehlen. An den feinsten Seitenwurzeln finden sich öfters reichlich Pilzhyphen.

18) *Drosera*-T y p u s. Die Rinde der Wurzeln weist kein mechanisches Gewebe auf, sie besteht aus 3—7 Zellschichten. Die Interzellularräume sind anfangs klein und verlaufen in den älteren Wurzeln radiär. Das Hadrom ist schwach entwickelt, das Leptom beinahe völlig reduziert. Die Endodermiswände sind nicht verdickt. Pilzhyphen sind nicht vorhanden. Die *Drosera*-Arten haben gelbliche oder grünlich braune Wurzelhaare, 100—200 St. je 1 mm, Länge 0.6—2.0 mm. *Pinguicula* hat auch reichlich farblose Wurzelhaare, deren Länge 0.30—0.45 mm beträgt. Die Wurzelhaare der *Drosera*-Arten haben sich mitunter an das Innere der *Sphagnum*-Blätter angeheftet.

19) *Ranunculus*-T y p u s. Die gelblich braune Aussenwand und die radiären Wände der Epidermiszellen der älteren Wurzeln I. Ordn. sind etwas verdickt, die Epidermiszellen sind klein, die Exodermiszellen ein wenig grösser, die Wände häufig verkorkt. Die Zellen der Innenrinde sind rund, dünnmembranig, enthalten reichlich Stärke; die Interzellularräume sind anfangs klein, 3- und 4-eckig, die älteren Wurzeln haben ziemlich umfangreiche Interzellularräume verschiedener Grösse. Die Endodermiszellen sind verdickt, teils verkorkt, teils verholzt. Im Zentralzylin ler finden sich 4 oder 5 in der Mitte vereinigte Hadrome. Wurzelhaare gibt es an den Wurzeln II. Ordn. im ganzen ziemlich reichlich. Auch die jungen Wurzeln I. Ordn. sind häufig mit Wurzelhaaren versehen. Pilzhyphen fehlen; ausnahmsweise habe ich solche bei *Caltha palustris* angetroffen.

20) *Molinia*-T y p u s. Die Epidermiszellen der Wurzeln I. Ordn. ziemlich gross, die Aussenwand der Epidermiszellen älterer Wurzeln ein wenig verdickt. In der Aussenrinde noch eine von 3—6 Zellschichten gebildete Scheide, in der keine Interzellularräume zu beobachten sind. In der Innenrinde der jungen Wurzeln I. Ordn. zwischen den Zellen kleine 3- und 4-eckige Interzellularen; in den älteren Wurzeln findet man in der Innenrinde grosse radiäre Interzellularräume (Lufthöhlen). Endodermiszellen dickwandig. Im Innern des Zentralzylinders der Wurzeln I. Ordn. sieht man dickwandige Zellen, dann folgen in einem Kreise angeordnet 8—15 grosse Gefässe und an ihrer Oberfläche etwa 30 kleine Gefässe; 25—30 Hadrome und Leptome. Die Zellen der Innenrinde enthalten Stärke. Wurzelhaare fehlen gänzlich. Mykorrhiza kommt häufig in den feinsten Wurzeln vor.

21) *Orchis*-T y p u s. Die Epidermis- und Exodermiszellen der Adventivwurzeln dünnwandig. In der Innenrinde 5—10 aus runden, ziemlich grossen Zellen bestehende Schichten; Interzellularräume klein, 3- und

4-eckig. Die Zellen enthalten Stärke. Im Zentralzylinder 5—8 beinahe radiäre Gefässgruppen, Gefässbildung schwach, die grössten Gefässe liegen zu innerst. Wurzelhaare kommen vor, aber im ganzen nur wenig; die Wurzelhaare sind lang.

Freidenfelt (1900, S 220, 1904, S. 75—102) hat dargelegt, welche Eigenheiten im anatomischen Bau der Wurzeln für die hygrophilen und xerophilen mono- und dikotyledonen Pflanzen charakteristisch sind.

Die Wurzeln der Hygrophyten zeichnen sich durch folgende Haupteigenschaften aus: Die Epidermis und die primäre Rinde sind gewöhnlich ausdauernd. Wurzelhaare kommen im ganzen spärlich vor. Bei den Dikotyledonen ist die Epidermisaussenwand der Wurzel ± verdickt, um Schutz gegen die Aussenwelt zu bieten. Das bei den Monokotyledonen aus dickwandigen Zellen gebildete mechanische Gewebe ist häufig deutlich entwickelt. Die Zellen der Innenrinde verlaufen in regelmässigen radiären und konzentrischen Reihen. In der Innenrinde erfolgt eine Auflösung der Zellen, wobei grosse Lakunen entstehen. Infolgedessen ist die Innenrinde schwach strukturiert. Der Zentralzylinder ist ± reduziert. Auf diese grossen Interzellularräume in den Wurzeln der im Wasser und an feuchten Stellen wachsenden Pflanzen hat schon Pfeffer (1877, S. 44) aufmerksam gemacht, und das Auftreten derselben in den Wurzeln im Torf wachsender Pflanzen wird u. a. von Osvald (1915, S. 573) hervorgehoben. Bei den Xerophyten weist die Epidermis der Wurzeln keine Verdickung der Wände und auch kein peripheres mechanisches Gewebe auf. Die Epidermis und die Aussenrinde schwinden gewöhnlich schon früh. Die Innenrinde ist homogener als bei den hygrophilen Pflanzen, und ihre Zellen sind nicht in regelmässigen radiären und konzentrischen Reihen angeordnet, sondern unregelmässig zerstreut. Der Zentralzylinder ist mächtig entwickelt. Die Hauptwurzel ist oft ausdauernd.

Prüft man die anatomischen Charaktere der oben angeführten morphologischen Wurzelsystemtypen, so ergibt sich, dass von den genannten Typen und den zu denselben gehörenden Arten die untenstehenden Wurzeltypen der Hygrophyten darstellen:

Parnassia-Typus: *Parnassia palustris, Prunella vulgaris.*

Galium-Lysimachia-Typus: *Lysimachia thyrsiflora, Galium palustre, G. uliginosum.*

Calla-Typus: *Calla palustris.* (Fig. 49).

Equisetum-Typus: *Equisetum fluviatile, E. palustre, E. silvaticum, Phragmites communis.* (Fig. 9).

Eriophorum-Sparganium-Typus: *Eriophorum polystachyum, E. gracile, E. vaginatum, E. latifolium, E. callitrix, Rhynchospora alba, Juncus stygius.*

Menyanthes-Typus: *Menyanthes trifoliata.*

Agrostis-Luzula-Typus: *Nardus stricta, Calamagrostis phragmitoides, Aera caespitosa?*

Carex-Typus: Alle untersuchten *Carex*-Arten (vgl. S. 113—193). (*Carex caespitosa*, Fig. 40), (*C. irrigua*, Fig. 35).

Eriophorum alpinum-Typus: *Eriophorum alpinum* (Fig. 24), *Scirpus caespitosus* (Fig. 28), *Juncus filiformis.*

Myrtillus-Typus: *Comarum palustre, Rubus chamaemorus.* (Fig. 64).

Drosera-Typus: *Drosera rotundifolia, D. longifolia, Pinguicula vulgaris.*

Ranunculus-Typus: *Ranunculus acer, R. repens* (Moorindividuen); *Caltha palustris.*

Molinia-Typus: *Molinia coerulea.* (Fig. 14).

Auf Grund des anatomischen Baus ihrer Wurzeln nähern sich auch folgende Arten der Hauptwurzeltypen (vgl. S. 316) dem Typus der Hygrophyten:

Peucedanum palustre, Cirsium palustre?, Pedicularis palustris (die Hauptwurzel schwindet), *Pedicularis sceptrum, Montia lamprosperma, Epilobium palustre.*

Zum Typus der Xerophyten (oder Mesophil-Xerophyten) stellen sich auf Grund des anatomischen Baus ihrer Wurzelsysteme die zu folgenden Typen gehörenden Arten:

Peucedanum-Typus: *Angelica silvestris.*

Melampyrum-Typus: *Melampyrum pratense, M. silvaticum.*

Cypripedilum-Typus: *Cypripedilum calceolus,* (Fig. 55), *Listera ovata, L. cordata.*

Paris-Majanthemum-Typus: *Majanthemum bifolium, Paris quadrifolius, Trientalis europaea.*

Geranium-Typus: *Geranium silvaticum* (Fig. 66), *Ulmaria pentapetala, Geum rivale, Crepis paludosa, Solidago virgaurea.*

Agrostis-Luzula-Typus: *Agrostis vulgaris, A. canina, Hierochloë odorata, Aera flexuosa?, Luzula multiflora, L. sudetica.*

Myrtillus-Typus: *Ledum palustre, Cassandra calyculata, Andromeda polifolia, Myrtillus nigra, M. uliginosa, Vaccinium vitis idaea, Oxycoccus paluster, O. microcarpus, Calluna vulgaris, Betula nana, Cornus suecica, Pirola minor, P. rotundifolia, P. secunda.*

Rubus arcticus-Typus: *Rubus arcticus.*

Orchis-Typus: *Orchis maculatus, O. incarnatus, O. Traunsteineri, Gymnadenia conopea, Platanthera bifolia.*

3. ÜBER DAS VORKOMMEN VON INTERZELLULARRÄUMEN IN DER INNENRINDE DER RHIZOME UND WURZELN.

Aus den anatomischen Merkmalen der oben vorgelegten Wurzeltypen erhellt, dass die Rhizome und Wurzeln der zu diesen Typen gehörenden Arten auch in bezug auf den Bau der Innenrinde mekrbare Unterschiede aufweisen. Bei einigen Arten grenzen die Zellen der Innenrinde ohne Interzellularen aneinander, bei anderen sieht man zwischen denselben kleine, oft 3- oder 4-eckige oder unregelmässige Interzellularräume, die häufig kleiner als die Rindenzellen sind, und schliesslich finden sich unter den Moorpflanzen viele Arten, bei denen die Interzellularräume oder Lufthöhlen in der Innenrinde der Rhizome und Wurzeln durch ihre oft erhebliche Grösse, ihre Reichlichkeit oder regelmässige Anordnung sehr auffallen.

A) In der Innenrinde der Rhizome und Wurzeln I. Ordn. (auch der älteren Wurzeln I. Ordn.) der zu folgenden Wurzelsystemtypen gehörenden Pflanzen fehlen die Interzellularräume gänzlich oder sie sind klein, gewöhnlich kleiner als die Rindenzellen und oft 3- oder 4-eckig:

Peucedanum-Typus: *Angelica silvestris.*

Melampyrum-Typus: *Melampyrum pratense, M. silvaticum.*

Cypripedilum-Typus: *Cypripedilum calceolus* (Fig. 55), *Listera ovata, L. cordata.*

Paris-Majanthemum-Typus: *Paris quadrifolius, Majanthemum bifolium, Trientalis europaea.*

Parnassia-Typus: *Parnassia palustris* (Fig. 61), *Prunella vulgaris.*

Geranium-Typus: *Geranium silvaticum,* (Fig. 66), *Ulmaria pentapetala, Geum rivale, Crepis paludosa, Solidago virgaurea.*

Agrostis-Luzula-Typus: *Agrostis vulgaris, A. canina, Hierochloë odorata, Luzula multiflora, L. sudetica.*

Myrtillus-Typus: *Ledum palustre, Cassandra calyculata, Andromeda polifolia, Myrtillus nigra, M. uliginosa, Vaccinium vitis idaea, Oxycoccus paluster, O. microcarpus, Calluna vulgaris, Betula nana, Pirola rotundifolia, P. minor, P. secunda, Viola palustris, V. epipsila.*

Rubus arcticus-Typus: *Rubus arcticus.*

Ranunculus-Typus: *Ranunculus acer* (auf trockenem Boden).

Orchis-Typus: *Orchis maculatus, O. incarnatus, O. Traunsteineri, Gymnadenia conopea, Platanthera bifolia.*

B) In der Innenrinde der Rhizome oder Wurzeln I. Ordn. der zu folgenden Wurzelsystemen gehörenden Pflanzen finden sich grosse, entweder in regelmässigen radiären Reihen geordnete tangentiale Interzellularräume oder grosse radiäre Lufthöhlen:

a) Grosse Interzellularräume in regelmässiger Anordnung:

Peucedanum-Typus: *Peucedanum palustre, Cirsium palustre.*

Melampyrum-Typus: *Pedicularis sceptrum.*

Galium-Lysimachia-Typus: *Lysimachia thyrsiflora.* (Fig. 79).

Menyanthes-Typus: *Menyanthes trifoliata.* (Fig. 81).

Myrtillus-Typus: *Rubus chamaemorus* (Fig. 64), *Comarum palustre.*

Drosera-Typus: *Pinguicula vulgaris.*

Ranunculus-Typus: *Caltha palustris, Ranunculus repens* (Moorindiv.), *R. acer* (Moorindiv.).

Molinia-Typus: *Molinia coerulea.* (Fig. 14).

b) im allgemeinen grosse Interzellularräume verschiedener Grösse in radiärer Anordnung:

Melampyrum-Typus: *Pedicularis palustris.* (Fig. 84).

Calla-Typus: *Calla palustris.* (Fig. 49).

Equisetum-Typus: *Equisetum fluviatile, E. palustre, E. silvaticum, Phragmites communis.* (Fig. 9).

Eriophorum-Sparganium-Typus: *Sparganium simplex, S. minimum, Rhynchospora alba, Juncus stygius.*

Menyanthes-Typus: *Scheuchzeria palustris.* (Fig. 6).

Agrostis-Luzula-Typus: *Calamagrostis phragmitoides, Aera caepitosa, Nardus stricta.*

Eriophorum alpinum-Typus: *Eriophorum alpinum* (Fig. 24), *Juncus filiformis.*

Myrtillus-Typus: *Empetrum nigrum.*

Drosera-Typus: *Drosera rotundifolia, D. longifolia* (in älteren Wurzeln).

Die Innenrindeninterzellularen der Wurzeln I. Ordn. der zu dieser Gruppe (b) gehörenden Pflanzen sind in den jungen Wurzeln anfänglich klein, um sich später zu vergrössern.

c) Grosse tangentiale Interzellularräume in regelmässigen radiären Reihen:

Eriophorum-Sparganium-Typus: *Eriophorum polystachyum, E. latifolium* (Fig. 18 a), *E. vaginatum* (Fig. 18 b), *E. callitrix, E. gracile, Rhynchospora alba.*

Carex-Typus: *Carex vesicaria, C. rostrata, C. filiformis, C. irrigua* (Fig. 35), *C. limosa, C. capillaris, C. flava, C. Oederi, C. sparsiflora, C. panicea, C. globularis, C. aquatilis, C. caespitosa* (Fig. 40), *C. Goodenoughii, C. juncella, C. echinata, C. canescens, C. loliacea, C. heleonastes, C. chordorrhiza, C. teretiuscula, C. microstachya, C. pauciflora, C. dioeca.*

Eriophorum alpinum-Typus: *Eriophorum alpinum* (Fig. 24), *Scirpus caespitosus* (Fig. 28).

Bei allen zu dieser Gruppe (c) gehörenden Arten ist der grösste Teil der Innenrinde der älteren Wurzeln I. Ordn. von tangentialen, in regelmässigen radiären Reihen angeordneten Interzellularräumen (Lufthöhlen) erfüllt. In den jungen Wurzeln I. Ordn. liegen die Zellen der Innenrinde in regelmässigen radiären und konzentrischen Reihen, und die zwischen ihnen befindlichen Interzellularen sind klein und 3- oder 4-eckig.

4. ÜBER DIE WURZELHAARE DER UNTERSUCHTEN MOORPFLANZENARTEN.

Schwarz (1883) hat eine Spezialuntersuchung über die Wurzelhaare veröffentlicht, worin er die Funktion der Wurzelhaare, den Einfluss äusserer Faktoren auf ihre Entstehung und ihr Wachstum sowie ihr Vorkommen und ihre Reichlichkeit bei verschiedenen Pflanzenarten erörtert. Derselbe Autor hat auch die Länge der Wurzelhaare in verschiedenen Umgebungen, nämlich an trockenen, mässig feuchten und feuchten Standorten ins Auge gefasst. Er hat u. a. nachgewiesen, dass die Länge der Wurzelhaare des Hafers (*Avena sativa*) je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen des Standortes schwankt, so dass sie an trockenen Stellen 0.5—1.1 mm, an mässig feuchten Orten 0.8—1.3 mm und im Wasser 1.1—1.9 mm beträgt. Die Wurzeln der an feuchten Stellen vorkommenden Pflanzen besitzen spärlich Wurzelhaare, diese sind aber länger als bei Individuen, die auf trockenen Standböden wachsen. Während aber die Wurzeln bei steigender Bodennässe an Länge zunehmen, können die Wurzelhaare der an feuchten Orten wachsenden Individuen dennoch zahlreicher sein.

Die Biologie und Anatomie der Wurzelhaare haben bei Sachs (1860, 1865), Detmer (1872), Perseke (1877), Haberlandt (1879), Rimbach (1889), Höveler (1892), Gerneck (1902), Freidenfelt (1902, 1904), Osvald (1918), Mattern (1928) und Ziegenspeck (1928) mehr oder weniger Beachtung gefunden.

Die nach Schwarz' Untersuchung bemerkenswerteste Spezialstudie über die Wurzelhaare dürfte diejenige Hesses (1904) sein. Hesse untersuchte die Wurzelhaare an Sprösslingen von Kulturpflanzen, die er aus Samen in feuchtem Sägemehl gezogen hatte, wie auch an Pflanzen — sowohl hygrophyten und xerophyten als halophyten —, die natürlichen Standorten entstammten. Nach Hesse (S. 27) sind die an nährstoffreichen, meist mässig feucht bleibenden Orten wachsenden Formen durch reiche Verzweigung des Wurzelsystems und ungemein dichte Behaarung charakterisiert; auch entspricht dieser reichlicheren Produktionder Haare eine bedeutendere Länge derselben. Was die äusseren Faktoren betrifft, die auf die Bildung der Wurzelhaare einwirken, handelt es sich nach Hesse in erster Linie um die Eigenschaften des Bodens, dessen Wassergehalt,

Art und Struktur. »In der Bildung von Wurzelhaaren kommt ein Bedürfnis nach Oberflächenvergrösserung zum Ausdruck, und diese Vergrösserung ist um so notwendiger, je schwieriger sich die Wasser- und Nährstoffaufnahme einer Pflanze gestaltet. Sind jedoch diese Stoffe einer Pflanze leicht und dauernd zugänglich, so kann die Zahl, Länge und Dicke ihrer Wurzelhaare ohne Gefahr für ihr Bestehen abnehmen.» Trotzdem findet man häufig sowohl in schlammigem als besonders in fliessendem Wasser an den Wurzeln im Boden befestigter Pflanzen reichlich Wurzelhaare, deren Vorkommen die Autoren früher (z. B. SCHWARZ) sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt haben. In trockenem Boden, wo es der Pflanze schwer wird, ihren Wasser- und Nährsalzbedarf zu decken, ist sie gezwungen, ihre absorbierende Oberfläche zu vergrössern, und dies wird durch eine kräftigere Entwicklung des Wurzelsystems und eine reichere Wurzelhaarbildung ermöglicht. Wächst die Pflanze wiederum an einem Orte, wo die Wasseraufnahme leichter ist, so kann die Bildung der Wurzelhaare abnehmen, ohne dass dies der Pflanze zum Schaden gereichen würde. Hierüber sagt aber HESSE (S. 39): »es fehlt jedoch nicht an Beispielen, die dieser Tatsache zu widersprechen scheinen». Die Wurzelhaare haben auch eine andere Funktion ausser der Aufnahme von Wasser und Nährsalzen, nämlich die Befestigung der Pflanze im Boden schnell fliessender Gewässer.

ÜBER VORKOMMEN UND LÄNGE DER WURZELHAARE DER MOORPFLANZEN.

Da die von mir durchgemusterte Literatur gar keine oder nur sehr spärliche Angaben über die Wurzelhaare der Moorpflanzen, die in der vorliegenden Untersuchung behandelt werden, enthält, dürfte eine Zusammenstellung meiner diesbezüglichen Beobachtungen auf Grund der Einzelbeschreibungen angebracht sein.

Ich habe das Vorkommen, die Dichtigkeit und die Länge der Wurzelhaare bei jeder von mir untersuchten Moorpflanzenart zu bestimmen gesucht. Die minimale, mittlere und maximale Länge der Wurzelhaare ist mit dem Okularmikrometer gemessen und in vielen Fällen auch die Zahl derselben pro Millimeter gezählt worden.

Bei folgenden Moorpflanzen habe ich keine Wurzelhaare angetroffen:

Molinia coerulea
Eriophorum callitrix
Calla palustris
Cypripedilum calceolus
Betula nana
Parnassia palustris
Ulmaria pentapetala
Rubus arcticus
R. chamaemorus
Geum rivale
Comarum palustre
Empetrum nigrum
Rhamnus frangula
Daphne mezereum
Angelica silvestris
Peucedanum palustre
Cornus suecica
Pirola minor
P. secunda
P. rotundifolia
Ledum palustre
Cassandra calyculata
Andromeda polifolia
Myrtillus nigra
M. uliginosa
Vaccinium vitis idaea
Oxycoccus paluster
O. microcarpus
Calluna vulgaris
Lysimachia thyrsiflora
Prunella vulgaris
Rhinanthus minor
Linnaea borealis
Cirsium palustre

Zu erwähnen ist, dass nach Hesse (1904, S. 13) an den Wurzeln von ***Cypripedilum*** »sehr vereinzelt Wurzelhaare» vorkommen, deren Länge 0.10—0.25 mm beträgt. Nach Ziegenspeck (1928, S. 48) besitzen die älteren Wurzeln dieser Art keine Wurzelhaare, und diese können auch während ungünstiger Jahreszeiten völlig fehlen. Nach Rommel (1898) haben *Pirola minor* und *P. secunda* Wurzelhaare, aber lediglich »in der Nähe der Wurzelspitze».

Folgende Moorpflanzen besitzen Wurzelhaare:

A. Länge der Wurzelhaare höchstens 0.5 mm:

Aera caespitosa (Länge 0.12-0.37)
Eriophorum latifolium (0.12-0.50)
Carex filiformis (0.06-0.50)
C. capillaris (0.05-0.37)
C. aquatilis (0.20-0.30)
C. juncella (0.25-0.38)
C. loliacea (0.06-0.25)
C. dioeca (0.25-0.31; nur bei jungen Wurz.)
Paris quadrifolius (0.1-0.25: nach Hesse)
Viola palustris (0.25-0.49)
Trientalis europaea (0.12-0.37)
Menyanthes trifoliata (0.18-0.37)
Scutellaria galericulata (0.18-0.37)
Pedicularis palustris (0.16-0.25)
P. sceptrum (0.18)
Pinguicula vulgaris (0.30-0.45)
Galium palustre (0.06-0.12)
G. uliginosum (0.08-0.14)
Solidago virgaurea (0.18-0.25)
Crepis paludosa (0.10-0.25)

B. Länge der Wurzelhaare höchstens 1.0 mm:

Sparganium simplex (0.25-0.87)
S. minimum (0.8-1.0)
Scheuchzeria palustris (0.37-0.74)
Hierochloë odorata (0.74-0.87)
Nardus stricta (0.5-0.6)
Agrostis canina (0.28-1.0)
Calamagrostis stricta (0.6-0.7)
Phragmites communis (0.25-0.80)
Festuca rubra (0.48-0.52)
Eriophorum vaginatum (0.37-0.60)
Carex rostrata (0.24-0.80)
Carex Oederi (0.24-0.99)
C. globularis (0.3-0.8)
C. echinata (0.2-1.0)
C. chordorrhiza (0.32-0.9)
C. teretiuscula (0.5-1.0)
Orchis maculatus (0.8-1.0)
Listera ovata (0.32-0.8)
Majanthemum bifolium (0.37-0.52)
Ranunculus acer (0.12-0.74)
R. repens (0.32-0.99)
Epilobium palustre (0.05-0.92)

C. Maximale Länge der Wurzelhaare über 1 mm:

Equisetum fluviatile (0.80-2.0)
E. silvaticum (1.2-2.4)
E. palustre (0.74-1.24)
Agrostis vulgaris (0.8-1.6)
Calamagrostis phragmitoides (0.4-2.4)
Aera flexuosa (0.74-1.12)
Eriophorum polystachyum (0.16-2.0)
E. gracile (0.30-1.12)
E. alpinum (0.5-1.3)
Scirpus caespitosus (0.20-1.24)
Carex vesicaria (0.31-1.2)
C. irrigua (0.52-2.4)
C. limosa (0.25-1.2)
C. flava (0.32-1.2)
C. sparsiflora (0.40-2.0)
C. panicea (0.4-1.2)
C. caespitosa (0.25-1.2)
C. Goodenoughii (0.12-1.2)
C. pauciflora (0.62-1.12)
C. canescens (0.3-2.4)
C. heleonastes (0.37-1.2)
C. microstachya (0.30-1.6)
Juncus stygius (1.0-2.8)
J. filiformis (0.32-1.24)
Luzula sudetica (0.5-1.6)
Orchis maculatus (0.72-2.4)
Listera cordata (1.2-3.0)
Gymnadenia conopea (0.8-3.0)
Drosera rotundifolia (0.8-2.2)
D. longifolia (1.4-2.0)
Montia lamprosperma (2.4-2.8)
Myosotis palustris (nach Hesse 1.05)

Die längsten Wurzelhaare sind mithin bei folgenden Arten beobachtet worden:

Equisetum silvaticum (max. 2.4 mm)
E. fluviatile (2.0)
Calamagrostis phragmitoides (2.4)
Eriophorum polystachyum (2.0)
Carex irrugua (2.4)
C. sparsiflora (2.0)
C. canescens (2.4)
Montia lamprosperma (2.8)
Juncus stygius (2.8)
Orchis maculatus (2.4)
Listera cordata (3.0)
Gymnadenia conopea (3.0; nach Schwarz 3.5 mm)
Drosera rotundifolia (2.2)
D. longifolia (2.0)

C. Wurzelhaare sind vorhanden, ihre Länge ist aber nicht gemessen worden:

Platanthera bifolia
Melampyrum pratense } im allg.
M. silvaticum } keine W-h.
Pirola minor }
P. secunda } nach Rommel (1898)
Cirsium heterophyllum

Von allen untersuchten Moorpflanzenarten haben 35 (32) keine Wurzelhaare, während 79 (81) solche besitzen.

Angaben über das Vorkommen von Wurzelhaaren an den Wurzeln der verschiedenen Ordnungen (I.—V.) und über die beobachteten Unterschiede in bezug auf Länge und Dichtigkeit finden sich im Primärmaterial in den ausführlichen Beschreibungen der Wurzelsysteme einer jeden Art. Hier seien gruppenweise erwähnt 1) die Arten, bei denen die Wurzelhaare sowohl an den Wurzeln I. Ordn. als an deren Seitenwurzeln auftreten, 2) die Arten, bei denen man Wurzelhaare nur an den Seitenwurzeln antrifft, und 3) die Arten, bei denen Wurzelhaare nur an den Wurzeln I. Ordn. vorkommen.

1) Bei folgenden Moorpflanzen finden sich Wurzelhaare sowohl an den Wurzeln I. Ordn. als an deren Seitenwurzeln:

Equisetum palustre (reichl. W-haare)
Sparganium simplex (zieml. reichl.) spärl.)
S. minimum (spärl.)
Scheuchzeria palustris (zieml.
Nardus stricta (zieml. reichl.)
Agrostis vulgaris (zieml. reichl.)
A. canina (zieml. reichl.)
Calamagrostis stricta (wenig)
C. phragmitoides (reichlich)
Phragmites communis (zieml. reichl.)
Eriophorum polystachyum (reichl.)
E. latifolium (spärl.)
E. vaginatum (reichl. bei jung. W-ln)
E. gracile (reichl.)
E. alpinum (zieml. reichl.)
Scirpus caespitosus (reichl.)
Rhynchospora alba (zieml. reichl.)
C. vesicaria (reichl.)
Carex rostrata (zieml. spärl.)
C. filiformis (im allgem. spärl.)
C. irrigua (sehr reichl.)
C. limosa (sehr reichl.)
C. flava (zieml. spärl.)
C. Oederi (zieml. spärl.)
C. sparsiflora (sehr reichl.)
C. panicea (zieml. reichl.)
C. globularis (reichl.)
C. aquatilis (spärl. ausser bei jungen W-ln)
C. caespitosa (sehr reichl.)
C. Goodenoughii (reichl.)
C. juncella (reichl.)
C. echinata (reichl.)
C. canescens (zieml. reichl.)
C. loliacea (wenig)
C. heleonastes (zieml. reichl.)
C. chordorrhiza (zieml. spärl.)
C. teretiuscula (zieml. spärl.)
C. microstachya (zieml. spärl.)

Carex pauciflora (sehr spärl.)
Juncus filiformis (reichl.)
J. stygius (reichl.)
Luzula multiflora (zieml. reichl.)
L. sudetica (zieml. reichl.)
Majanthemum bifolium (reichl.)
Paris quadrifolius (sehr spärl.)
Caltha palustris (stellenw. reichl.)
Viola palustris (spärl.)
V. epipsila (?)
Epilobium palustre (stellenw. reichl.)
Pirola minor (spärl. nach Rommel)
P. secunda (spärl. nach Kirchner)
Trientalis europaea (zieml. spärl.)
Menyanthes trifoliata (spärl.)
Myosotis palustris (zieml. spärl.)
Melampyrum pratense (sehr spärl.)
Pedicularis palustris (sehr spärl.)
Galium palustre (sehr spärl. oder gar nicht)
G. uliginosum (sehr spärl. oder gar nicht)

2) Die Arten mit Wurzelhaaren lediglich an den Seitenwurzeln sind gering an Zahl, und zwar folgende:

Aera flexuosa (verhältnism. reichl.)
A. caespitosa (verh. reichl.)
Festuca rubra (verh. reichl.)
Hierochloë odorata (zieml. spärl.)
Carex capillaris (sehr wenig)
Ranunculus acer (spärl.)
R. repens (zieml. reichl.)
Solidago virgaurea (zieml. reichl.)

3) Bei folgenden Arten treten Wurzelhaare nur an den Wurzeln I. Ordn. auf:

Carex dioeca (sehr spärl. oder gar nicht)
Pedicularis palustris (sehr spärl.)
Scutellaria galericulata (spärl.)

und ausserdem bei folgenden Arten, die unverzweigte Wurzeln I. Ordn. haben:

Orchis maculatus (zieml. spärl.)
O. incarnatus (spärl.)
Gymnadenia conopea (zieml. reichl.)
Platanthera bifolia (spärl.?)
Listera ovata (reichl.)
L. cordata (sehr reichl.)
Cypripedilum calceolus (spärl. an jungen W-ln)
Montia lamprosperma (sehr reichl.)
Drosera rotundifolia (sehr reichl.)
D. longifolia (sehr reichl.)
Pinguicula vulgaris (reichl.)

5. ÜBER DAS VORKOMMEN UND DIE BEDEUTUNG DER MYKORRHIZEN.

A. HISTORISCHES.

Durch die Untersuchungen von Pfeffer (1877), Kamienski (1881) und Frank (1885, 1887) wissen wir, dass es Pilze gibt, welche sich symbiotisch mit den Wurzeln der Humuspflanzen verbinden und den Pflanzen Ammendienste leisten, indem sie vorzugsweise die organischen Substanzen für dieselben verwendbar machen. Pfeffer (1877, S. 997) hat zuerst die Ansicht in bezug auf die Orchideen ausgesprochen, dass hier eine Assoziation vorliegen dürfte, aus welcher nicht bloss der Pilz, sondern auch die Orchidee Nutzen zieht.

Das Auftreten der ektotrophen Mykorrhiza (bei *Monotropa*) hat als erster Kamienski (1881, S. 457) beobachtet. Frank hat auch in mehreren seiner Arbeiten (1885, 1887, 1888, 1892) die Frage von den in den Wurzeln höherer Pflanzen auftretenden Mykorrhizen gründlich erörtert und macht als seine Ansicht geltend, dass diese Pilze ihre Nahrung nicht von den Pflanzen beziehen, an deren Wurzeln sie leben, sondern imstande sind, im Humus befindliche Nährstoffe zu assimilieren.

Die Mykorrhiza-Literatur ist heute schon ausserordentlich umfangreich. Von den zahlreichen Untersuchungen, in denen die Mykorrhiza-Frage beleuchtet wird, seien hier diejenigen von Mollberg (1884), Schlicht (1889), Höveler (1892), Stahl (1900), Marcuse (1902), Bernhard (1909), Burgeff (1909), Melin (1924, 1925), Fuchs u. Ziegenspeck (1925), Ziegenspeck (1928), Mattern (1928) und Voss u. Ziegenspeck (1929) erwähnt.

Nach Höveler (1892, S. 308) sind diejenigen Pflanzen, welche Wurzelhaare besitzen, im allgemeinen unverpilzt; es kommen aber auch Pflanzen vor, die trotz der Wurzelhaare noch verpilzt sind, z. B. Orchideen. Die Verpilzung ist hauptsächlich von der Bodenbeschaffenheit abhängig. Von den anderen obenerwähnten Untersuchungen verdient insbesondere Stahls (1900) bekannte Darstellung über das Auftreten der Mykorrhizen bei verschiedenen Pflanzenarten und ihre Bedeutung für dieselben erwähnt zu werden. Nach Stahl (S. 581) besteht bei den Orchideen ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen Wurzelverpilzung und Transpiration, so dass wir den Satz

aufstellen können, dass der mit der Gefässpflanze in Symbiose lebende Pilz dieser einen Ersatz für die zu spärliche Transpiration bietet. Durch Vermittelung der Pilze können die chlorophyllreichen Mykorrhizenpflanzen organische Verbindungen aus dem Humus beziehen. Nach demselben Autor (S. 622) besteht der hauptsächliche Nutzen der Mykorrhizenbildung für die Pflanzen darin, dass die mykotrophen Pflanzen dann besser befähigt sind, im Kampfe um die Nährsalze mit den anderen Pflanzen zu bestehen. Im allgemeinen sind sämtliche Autoren der Ansicht, dass die Mykorrhiza den Pflanzen Stickstoff liefert, an deren Wurzeln sie lebt. Nach ZIEGENSPECK (1928, S. 41) dürften die farblosen phanerogamen Humuspflanzen, die alle endotrophe Mykorrhizen besitzen, aus den verdauten Pilzen ihren ganzen Nährstoffbedarf decken, die ihrerseits Stoffe des Humus ausnützen können, die den Phanerogamen unzugänglich sind. Auch die Chlorohpyll führende Mykotrophe wird durch Vermittlung ihres heterotrophen Gastes Humusstoffe ausnützen, die sie selbst nicht direkt verwerten kann. Nach MATTERN (1928, S. 84) besteht der Vorteil der pilzführenden Gewächse darin, dass sie aus relativ kleinen Arealen grosse Nährstoffmengen beziehen können, dazu solche Stoffe, die ihnen allein durch die Mykorrhiza zugänglich sind. Ferner führt der Pilz die erarbeiteten Nährstoffe seinem Wirt oft in einer Zeit zu, in der dieser sich mit den vorhandenen Wurzelhaaren allein hätte schwer ernähren können.

B. ÜBER DIE MYKORRHIZEN DER UNTERSUCHTEN MOORPFLANZEN.

a) Bei den meisten Moorpflanzen, die keine Wurzelhaare besitzen (vgl. S. 335), werden an den Wurzeln Pilzhyphen angetroffen. Hierher gehören folgende Arten:

Molinia coerulea
Betula nana
Parnassia palustris
Rubus arcticus
R. chamaemorus
Comarum palustre
Empetrum nigrum
Rhamnus frangula
Cornus suecica
Pirola minor
P. secunda
P. rotundifolia
Ledum palustre
Cassandra calyculata
Andromeda polifolia
Myrtillus nigra
M. uliginosa
Vaccinium vitis idaea
Oxycoccus paluster
O. microcarpus
Calluna vulgaris
Linnaea borealis

b) Ausserdem findet man Pilzhyphen an den Wurzeln folgender Pflanzen:

Nardus stricta (nach Voss 1929, S. 199).
Agrostis canina (nach Freidenfelt 1904, S. 21).
Aera flexuosa (reichlich Pilzhyphen).
Scirpus caespitosus (reichlich in den Wurzeln III.—IV. Ordn.).
Eriophorum alpinum (vgl. Probefl. 71, S. 103). Gewöhnlich pilzfrei.
Carex flava (die Wurzeln II. u. III. Ordn. häufig durch Mykorrhiza angeschwollen).
C. Oederi (wie die vorige Art).
C. panicea (wie die vorige Art).
C. dioeca (vgl. Probefl. 9, S. 189). Gewöhnlich pilzfrei.
Luzula multiflora (gewöhnlich pilzfrei).
L. sudetica (stellenweise ektotrophe Pilzmycelien).
Majanthemum bifolium (nach Voss u. Ziegenspeck (1929, S. 359) hochgradig auf Mykotrophie angewiesen).
Paris quadrifolius [nach Draheim (1929, S. 410) Mykorrhiza vorhanden].
Orchis maculatus (endotrophisch verpilzt).
Platanthera bifolia [nach Höveler (1892, S. 304) und Stahl (1900, S. 575) endotrophisch verpilzt].
Gymnadenia conopea (nach Stahl (1900, S. 575) besitzt Pilzmycelien.
Listera ovata [nach Stahl (1900, S. 578) ist die Verpilzung weit spärlicher als bei *Orchis maculatus* u. *Platanthera bifolia*. Nach Ziegenspeck (1928, S. 175) fehlen die Pilzmycelien in den Wurzel der erwachsenen Pflanzen zumeist völlig].
Listera cordata [nach Ziegenspeck (1929, S. 189) ist die Verballung der Pilze im Innern sehr reichlich]. (Vgl. Probefl. 13, S. 216).
Cypripedilum calceolus [nach Stahl (1900, S. 578) sind die Wurzeln oft in ihrer ganzen Ausdehnung frei von Pilzen. Nach Ziegenspeck (1928, S. 49) nehmen die Pilzhyphen, mit dem zunehmenden Alter der Pflanzen ab. Selbst habe ich keine Mykorrhiza angetroffen].
Caltha palustris [nach Schlicht (1889, S. 83) gibt es Pilzmycelien in den Wurzeln. Nach Höveler (1892, S. 308) sind die Wurzeln unverpilzt. Selbst habe ich bei dieser Art Pilzmycelien nur einmal angetroffen; vgl. S. 226].
Ranunculus acer [nach Schlicht (1889, S. 83) gibt es Pilzhyphen; selbst habe ich solche nicht angetroffen].
R. repens (wie die vorige Art).
Epilobium palustre [nach Höveler (1892, S. 307) sind die Wurzeln endotrophisch verpilzt. Selbst habe ich bei dieser Art niemals Mykorrhiza angetroffen].

Bei folgenden Arten dürften Mykorrhizen früher nicht angegeben worden sein:

Scirpus caespitosus	*Carex Oederi*
Eriophorum alpinum	*C. panicea*
Carex flava	*C. dioeca.*

Es sind also bei 45 Arten der untersuchten Moorpflanzen Mykorrhizen angetroffen worden. Von diesen sind die ersterwähnten 22 Arten (deren Wurzeln keine Wurzelhaare besitzen) wirkliche mykotrophe Pflanzen, die symbiotisch mit den Mykorrhizen zusammenleben und die wahrscheinlich gerade mit Hilfe der Mykorrhizen den Kampf um Nährsalze und Stickstoff mit anderen völlig autotrophen Pflanzen erfolgreich führen können.

c) Weder Mykorrhiza noch Wurzelhaare haben wenigstens folgende Moorpflanzenarten:

Calla palustris, Lysimachia thyrsiflora, Prunella vulgaris und vielleicht auch die folgenden Arten:

Eriophorum callitrix	*Daphne mezereum*	*Rhinanthus minor*
Ulmaria pentapetala	*Angelica silvestris*	*Cirsium palustre*
Geum rivale	*Peucedanum palustre*	

d) Zu denjenigen Pflanzen, bei denen Mykorrhizen immer fehlen und die mit Hilfe ihrer Wurzelhaare Nährsalze aus dem Boden saugen, gehören folgende autotrophe Pflanzen:

Equisetum palustre	*Carex filiformis*	*Montia lamprosperma*
E. fluviatile	*C. irrigua*	*Drosera rotundifolia*
E. silvaticum	*C. limosa*	*D. longifolia*
Sparganium simplex	*C. capillaris*	*Viola palustris*
S. minimum	*C. sparsiflora*	*V. epipsila?*
Scheuchzeria palustris	*C. globularis*	*Trientalis europaea*
Hierochloë odorata	*C. aquatilis*	*Menyanthes trifoliata*
Agrostis vulgaris	*C. caespitosa*	*Myosotis palustris*
Calamagrostis stricta	*C. Goodenoughii*	*Scutellaria galericulata*
C. phragmitoides	*C. juncella*	*Galium palustre*
Phragmites communis	*C. canescens*	*G. uliginosum*
Festuca rubra	*C. loliacea*	*Melampyrum pratense*
Eriophorum polystachyum	*C. heleonastes*	*M. silvaticum*
E. latifolium	*C. chordorrhiza*	*Pedicularis palustris*
E. vaginatum	*C. teretiuscula*	*P. sceptrum*
E. gracile	*C. microstachya*	*Pinguicula vulgaris*
Rhynchospora alba	*C. pauciflora*	*Cirsium heterophyllum*
Carex vesicaria	*Juncus stygius*	*Solidago virgaurea*
C. rostrata	*J. filiformis*	*Crepis paludosa*

6. ÜBER DIE REGENERATION UND DIE DEHNBARKEIT DER WURZELN EINIGER MOORPFLANZENARTEN.

Beim Hervorpräparieren der Wurzelsysteme der untersuchten Moorpflanzen fiel mir schon im ersten Sommer (1927) der Umstand auf, dass einige Pflanzen Wurzeln aufwiesen, die offenbar während des Auftauens der Erde abgebrochen waren, und dass sich eine oder zwei neue, gewöhnlich dicke Wurzeln II. Ordn. an der Bruchstelle gebildet hatten, die häufig lang waren und den abgebrochenen Teil der Wurzel I. Ordn. zu ersetzen schienen. Es kamen Fälle vor, in denen die an der Bruchstelle der Wurzel I. Ordn. entstandene Wurzel II. Ordn., die als stellvertretende Wurzel angesprochen werden könnte, auch abgebrochen war und an der Bruchstelle wieder eine ebenso dicke Wurzel III. Ordn. erzeugt hatte.

Die Befähigung der Wurzeln, einen abgebrochenen Wurzelteil durch neue Wurzeln zu ersetzen, ist u. a. von Tolski (1911) und Laitakari (1927) beobachtet worden. Tolski hat Versuche angestellt, indem er die Oberflächenwurzeln einiger 20-jährigen Kiefern abbrach, und er hat dabei gefunden, dass nach drei Jahren an den meisten Bruchstellen ein Büschel neuer lebensfähiger Wurzel entstanden war. Laitakari (l. c., S. 212) hat bei einer Kiefer mehrere vom Blitz beschädigte, an der Spitze abgestorbene Wurzeln angetroffen, wo am harzigen Ende einer beschädigten Wurzel ein paar neue Wurzeln entstanden waren. Der Ersatz der abgestorbenen Wurzel hat auch durch ein aussergewöhnlich erhebliches Längenwachstum der vom lebengebliebenen Stamm ausgehenden Seitenwurzeln stattfinden können. Die Kiefer ist mithin immer imstande, ihre verlorenen Wurzeln in gewissem Masse zu ersetzen.

Eine solche Wurzelregeneration habe ich bei folgenden Moorpflanzen angetroffen:

Agrostis vulgaris
A. canina
Molinia coerulea
Eriophorum polystachyum
E. latifolium
E. alpinum
Scirpus caespitosus
Carex vesicaria
C. irrigua
C. limosa
Carex flava
C. sparsiflora
C. caespitosa
C. Goodenoughii
C. echinata
C. dioeca
Caltha palustris
Trientalis europaea
Menyanthes trifoliata

Erwähnt zu werden verdient auch der Umstand, dass die vom Rhizom ausgehenden feinen Nährwurzeln oder die Seitenwurzeln der dickeren Wurzeln bei einigen Moorpflanzen häufig abbrechen, wobei dann neue feine Nährwurzeln, die des öfteren kurzlebig sein dürften, entstehen können. Solche oft ganz kurzdauernde Wurzeln treten wenigstens bei *Betula nana*, *Rubus arcticus*, *Empetrum nigrum* und *Cassandra calyculata* auf, bei denen sie häufig Mykorrhizawurzeln darstellen.

Auf Grund der erwähnten Beobachtungen lag der Gedanke nahe, dass die Dehnbarkeit der Wurzeln bei verschiedenen Arten vielleicht bedeutende Unterschiede aufweisen würde. Zwecks Aufklärung dieses Umstandes habe ich Dehnbarkeitsversuche an Wurzeln etwa vierzig verschiedener Arten ausgeführt.

Der Dehnbarkeitsversuch fand auf folgende einfache Weise statt: Von den Wurzeln I. Ordn. der zu untersuchenden Pflanzen wurden einige, gewöhnlich 5 14—15 cm lange Stücke genommen, deren beide Enden zwischen zwei Korkhälften gepresst wurden, so dass der zwischen den beiden Korken befindliche sichtbare Teil 10 cm lang war. Dann wurde das eine Ende der Wurzel auf den 0-Punkt eines auf ein Brett oder einen Tisch gezeichneten Zentimetermasses gelegt und die Wurzel gleichmässig und langsam gedehnt, bis sie brach. An dem unten befindlichen Mass liess sich dann ablesen, wie viele Zentimeter sie gedehnt werden konnte. Solche Dehnbarkeitsmessungen habe ich sowohl auf dem Moor als zu Hause ausgeführt. Diese Messungen ergaben für die Wurzeln I. Ordn. und einige Rhizome der untersuchten Arten folgende Dehnbarkeit:

I. WENIG DEHNBARE WURZELN.

A. Dehnbarkeit gewöhnlich unter 10 %.

Eriophorum polystachyum (oft unter 5 %, mitunter 10—15 %)
E. latifolium (gewöhnlich 5-10 %, mitunter 10-15)
E. vaginatum (gew. 5-10 %)
Calla palustris (oft unter 5 %, mitunter 5-10 %)
Geranium silvaticum (8-10 %)
Trientalis europaea (Rhiz. 5-10 %)

B. Dehnbarkeit unter 15 %.

Molinia coerula (10-15)
Eriophorum alpinum
Ranunculus acer
Crepis paludosa

II. MÄSSIG DEHNBARE WURZELN.

A. Dehnbarkeit unter 20 %.

Scheuchzeria palustris (Rhiz. ca. 20 %)
Carex filiformis (15-20 %)
C. heleonastes
C. microstachya
Carex dioeca (5-20 %)
Ranunculus repens (15-20 %)
Menyanthes trifoliata
Pedicularis sceptrum

III. DEHNBARE WURZELN.

A. Dehnbarkeit unter 25 %.

Scheuchzeria palustris (W. I. Ordn. 15-25 %)
Phragmites communis (10-25 %)
Scirpus caespitosus (20-25 %)
Carex Oederi (15-25 %)
C. globularis (25 %)

B. Dehnbarkeit über 25 %.

Caltha palustris (20-30 %, bei einigen 5-10 %)
Calamagrostis phragmitoides (30-35 %)
Aera caespitosa (25-35 %)
Carex vesicaria (35 %)
C. rostrata (25-45 %)
C. irrigua (25-40 %)
C. limosa (30 %)
C. flava (30-35 %)
C. caespitosa (30-40 %)
C. sparsifl. (35-40 %, sogar 60 %)
C. juncella (35 %)
C. Goodenoughii (25-35 %)
C. echinata (20-30 %)
C. canescens (20-30 %)
Juncus filiformis (35-38 %)

Die Dehnbarkeit der Wurzeln, insbesondere die der Moorpflanzenwurzeln ist sehr wenig untersucht worden. Von den in der vorliegenden Arbeit behandelten Arten habe ich in der durchgemusterten Literatur nur in bezug auf *Carex caespitosa* diesbezügliche Angaben gefunden. Nach Raunkiaer (1895—1899, S. 461) beträgt die Dehnbarkeit ihrer Wurzeln 40 %.

Ausserdem sei erwähnt, dass Kokkonen (1927) mit Hilfe eines von ihm konstruierten Messungsapparats die Dehnbarkeit und Dehnungsfestigkeit der Wurzeln des Roggens untersucht und u. a. gefunden hat (S. 38), dass »für die Wurzeln des Wintergetreides eine grosse Dehnbarkeit kennzeichnend ist». »Die Dehnbarkeit der Wurzeln des Petkuser war 40 %, die des Iisalmiroggens 52 % sowie die des Brandackerroggens über 60 %.»

Eine nähere Untersuchung der Dehnbarkeit von Moorpflanzenwurzeln wäre sehr am Platze. Wenn der Torf im Anfang des Winters gefriert, nimmt sein Volumen ab, wie KOKKONEN (1926 u. 1930) in seinen Untersuchungen nachgewiesen hat, und dann sind natürlich diejenigen Pflanzen, deren Wurzeln die durch das Gefrieren und Schmelzen des Torfes bedingte Dehnung am besten aushalten können, in erster Linie imstande, bis zum folgenden Jahr auszudauern.

Die wenigen Untersuchungen, die ich über die Dehnbarkeit der Wurzelsysteme an den Moorpflanzen angestellt habe, zeigen, dass gerade bei solchen Pflanzen, nämlich den meisten *Carex*-Arten, deren Wurzeln oft mehrjährig sind, die Dehnungsfestigkeit am grössten ist. Bemerkenswert ist auch, dass die Wurzeln derartiger Pflanzen ausserdem aus mehreren Zellschichten bestehende periphere Gewebe aufweisen, weshalb ihre (z. B. *Eriophorum vaginatum*, *Carex irrigua*, *C. limosa* u. a. m.) Rhizome und Wurzeln auch einen starken Seitendruck vertragen.

VI. DAS AUFTRETEN, DIE AUSDEHNUNG UND DIE REICHLICHKEIT DER WURZELSYSTEME.

1. ÜBER FRÜHERE DIE TIEFE DER WURZELN BETREFFENDE UNTERSUCHUNGEN.

Einige Forscher, die sich um die Untersuchung der Wurzelsysteme verdient gemacht haben, z. B. Hellriegel (1883), Opitz (1904) und Osvald (1915), haben auf die grossen, beinahe unüberwindlichen Schwierigkeiten aufmerksam gemacht, die die Ermittelung, wie tief die Pflanzenwurzeln in den Boden eindringen, bietet. Diese Schwierigkeiten sind mechanischer Art und beruhen selbstverständlich zunächst darauf, dass an derselben Stelle häufig Pflanzen der gleichen oder verschiedener Arten so dicht beieinander wachsen, dass ihre Wurzelwerke eine einzige zusammengeballte, schwer entwirrbare Masse bilden, die es ungemein mühsam macht, die Wurzeln der verschiedenen Individuen zu identifizieren und festzustellen, wie tief eine jede der untersuchten Wurzeln reicht. Diesen Schwierigkeiten dürfte es wenigstens teilweise zuzuschreiben sein, dass so wenige Forscher es bisher unternommen haben, die Ausdehnung der Wurzelsysteme eingehender zu untersuchen, und daher findet man auch in der Literatur sehr wenig detaillierte und völlig zuverlässige diesbezügliche Angaben.

Am besten sind in dieser Hinsicht untersucht die Wurzelsysteme von Pflanzen, die auf verschiedenen minerogenen Böden, z. B. auf lehmgemischen Sandböden, Grasebenen und Viehweiden, Sandsteppen und in Wüsten wachsen und die auch leichter auszugraben sind. Einige Mitteilungen liegen auch über die Tiefe der Wurzeln von Kulturpflanzen, insbesondere von Getreidepflanzen sowie von Bäumen vor.

In bezug auf die Moorpflanzen, mit Ausnahme der Bäume, haben wir aber sehr wenig Untersuchungen, die die Tiefe der Wurzeln betreffen; die vorhandenen Mitteilungen beschränken sich auf einige wenige Arten.

Über die Tiefe der Wurzeln verschiedener auf harten Böden wachsender Pflanzen, namentlich Gräser und Getreidepflanzen finden sich Untersuchungen von Sprengel (1850), Detmer (1872), Haberlandt (1879), Hensen (1882), Hellriegel (1883) von Gohren (1887), Münz u. Girard (1891), Schultz-Lupitz (1892), Déhérain (1893), King (1893), Jamieson (1893), Seelhorst u. Tucker (1898), Opitz (1904), Strecker (1906, 1909), Werner (1907), Falke (1907), Rotmistrov (1907, 1909), Kraus (1911), Schulze (1911), Osvald (1915), und Weaver (1919). Die amerikanischen Forscher Cannon (1911), Markle (1917), Waterman (1919) und Weaver (1919, 1920) haben auf aussergewöhnlich umfangreiche Untersuchungsmaterialien gegründete, sehr bemerkenswerte Untersuchungen über die Wurzelsysteme von Pflanzen der Halbwüsten, Grasebenen, Sandsteppen und Wüsten veröffentlicht. In diesen Arbeiten findet man, wie bereits S. 00 erwähnt wurde, viele Angaben über die Tiefendimensionen und die horizontale Ausdehnung der Wurzelsysteme.

In bezug auf die Bäume haben z. B. die russischen Forscher Golovjanko (1909) und Tolski (1911), der Lette Melder (1911), die finnischen Forscher Blomqvist (1881, 1883), Cajander (1916, 1917), Heikinheimo (1920), Aaltonen (1920, 1923), Kokkonen (1923), Multamäki (1924) und Laitakari (1927) der Tiefe der Wurzeln und überhaupt deren Verbreitung im Boden Aufmerksamkeit gewidmet. Nach Kokkonen (l. c., S. 18) hindert das Grundwasser das tiefe Eindringen der Wurzeln der Moorkiefern; die Wurzeln folgen beinahe buchstäblich der Grundwasseroberfläche, und ein Steigen des Grundwassers hat zur Folge, dass die Wurzeln aufwärts streben. Multamäki (l. c., S. 97) hat nachgewiesen, dass die Wurzelspitzen der Moorkiefer in säurearmen Boden sich nach oben krümmen.

Über die Tiefe der Wurzelwerke der Waldkräuter und -reiser legt Kujala (1926) mehrere Mitteilungen vor, und auch Aaltonen (1923) hat die Tiefe der Wurzeln einiger Wald- und Ackergewächse untersucht.

Von den Beobachtungen über die Tiefenausdehnung der Wurzeln

von Wiesengräsern sei folgendes erwähnt. Nach Sprengel (1850, S. 113) beträgt die Tiefe der Gräserwurzeln im allgemeinen 30—60 cm. Nach Déhérain (1893, S. 272) reichten die Wurzeln von *Lolium perenne* an einem gewissen Standort 75 cm tief, während die Wurzeln einer Getreideart an demselben Ort 2 m tief in den Boden stiessen. Die von Werner (1907) mitgeteilten Angaben über die Tiefe der Wurzeln einiger Gräser sind sehr approximativ: von den Wurzeln der *Molinia coerula* und *Nardus stricta* sagt er z. B., dass sie »sehr tief» eindringen. Nach Strecker (1906, S. 16 u. 1921, S. 13—15) dringen die Wurzeln der Gräser nicht tief in den Boden ein, gewöhnlich 5—10 cm, selten mehr als 10 cm, und eine Tiefe von 20 cm kommt ganz ausnahmsweise vor. Nach Falke (1911) ist die allgemeine Tiefe in bezug auf Gräser 8—12 cm; es gibt zwar tiefer treibende Wurzeln, aber auch unter günstigen Verhältnissen ist die Tiefe der Wurzeln nicht grösser als 20—30 cm. Kraus (1911, S. 342) sagt, dass viele Wiesengräser 50—70 cm tief in den Boden dringende Wurzeln haben. Nach Osvald (1915, S. 564) befand sich auf Viehweiden (in Flahult) das dichteste Wurzelsystem in einer Tiefe von höchstens 5 cm, ein sehr spärliches bis zu einer Tiefe von etwa 30 cm, wonach dann gar keine Wurzeln anzutreffen waren, ausser an solchen Stellen, wo das Vieh den Boden zertreten hatte. Die Wurzeln von *Festuca rubra* reichten 15—25 cm tief hinunter. An einer anderen Stelle (in Torestorp) fand er das reichlichste Wurzelwerk in einer Tiefe von 15—20 cm, dann folgte eine allmähliche Abnahme bis 45 cm tief, und schon in einer Tiefe von 30 cm kamen nur einige *Carex*-Wurzeln vor, die auch 25 cm unter der Oberfläche die vorherrschenden Wurzeln waren. Wiewohl also recht zahlreiche Angaben über die Tiefenverhältnisse der Wurzeln von Wiesengräsern aus der Literatur erhältlich sind, sind die betreffenden Daten doch dermassen heterogen, dass sie kein allgemeines Bild von dem Verhältnis der Wurzelsysteme der verschiedenen Arten zu verschiedenen Standorten geben.

Die Tiefe der Wurzelwerke der auf Torfböden wachsenden Kräuter ist von Lüdecke (1910), Weber (1913) und vor allem von Osvald (1918, 1919) untersucht worden. Einige diesbezügliche Angaben über die Moorpflanzen finden sich auch in Kotilainens (1927) Mooruntersuchung. Nach Lüdecke (1910, S. 296) trifft man in feuchtem Torfboden die meisten Wurzeln bis zu 5 cm Tiefe und nur einige lebende Wurzeln in den tieferen Schichten. »In besser lehmigen, luft-

haltigen Böden sind bis zu 10 cm Tiefe die Wurzeln sehr stark entwickelt, nur wenige reichten bis 20 cm Tiefe und noch tiefer hinunter.» WEBER (1913, S. 371) erwähnt, dass auf einem Moore, von dem der Torf früher entfernt worden war, die Wurzeln von *Poa trivialis*, *P. pratensis* und *Festuca rubra* 15—18 cm tief in den Boden stiessen, am tiefsten die von *Poa trivialis*. Auf einem Moor, von dem der Torf teilweise entfernt worden war, reichten die Wurzeln von *Poa trivialis* 25 cm tief hinunter. OSVALD (1915, S. 564) hat beobachtet, dass auf einer Hochmoorweide (Hvitmossbete) die Wurzeln sich erst in einer Tiefe von etwa 20 cm an kräftiger entwickelten. Nach OSVALD (l. c., S. 572) sind viele verschiedene Ursachen vorhanden, die ein tieferes Eindringen der Wurzeln verhindern; teils spielt der Mangel an Nährstoffen dabei eine Rolle, teils der Mangel an Stickstoff in grösseren Tiefen, teils das reichliche Vorkommen von Humussäuren.

Von den verschiedenen, von den Forschern angewandten Methoden, die Ausdehnung der Wurzeln aufzuklären oder das Wurzelwerk der zu irgendeinem anderen Zweck zu untersuchenden Pflanzen aus dem Boden zu isolieren, seien folgende erwähnt.

Die meisten Forscher haben durch Spülen mit Wasser die Wurzeln aus dem Boden hervorzupräparieren gesucht. HELLRIEGEL (1883), KING (1893), SEELHORST (1902) und OPITZ (1904) haben Eisenzylinder benutzt, die, in die gewünschte Tiefe in den Boden eingeschlagen oder gedrückt, beim Herausheben eine bestimmte Humusmenge nebst Wurzeln enthielten, die dann untersucht wurden und gezählt werden konnten. Auch OSVALD (1918, S. 89) gebrauchte einen ähnlichen »Erdbohrer», aber sein Apparat war viereckig. Dieses etwa 1 Liter fassende Mass wurde in Schnittflächen verschiedener Höhenlagen gedrückt und die erhaltenen Erdproben dann in je einen Sack getan. Nachher legte man die Proben zum Aufweichen für einige Tage in Gefässe mit Wasser und liess sie dann durch ein feines Sieb passieren, bis die Wurzeln rein waren. Schliesslich wurden alle Wurzeln getrocknet und gewogen.

OSVALD (1915) versuchte anfänglich die vollständigen Wurzelwerke der Pflanzen durch Ausgraben hervorzupräparieren oder die Wurzeln zu verfolgen, die in verschiedenen Tiefen des Torfes angetroffen wurden. Da dies aber häufig auf beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten stiess, begann er horizontale Profile aus ca. 2 dm^2 grossen Torfstücken, von der Oberfläche aus nach

unter immer je 5 cm voneinander entfernt, zu schneiden. Aus diesen 5 cm dicken Torfen suchte er alle Wurzelstücke hervor und konnte dann, nach unten hin fortschreitend, feststellen, wie tief die Wurzeln der verschiedenen Arten stiessen. Osvald (1918) hat auch das von Rotmistrov (1907) erfundene, mit Nägeln versehene Brett benutzt, das an eine in den Boden geschnittene quere Fläche festgedrückt wird und an dessen Nägeln dann der Torf und die darin enthaltenen Wurzeln haften bleiben. Nach Entfernung des Torfes durch Spülen mit Wasser bleiben die Wurzeln in ihrer natürlichen Lage zwischen den Nägeln hängen (vgl. S. 25).

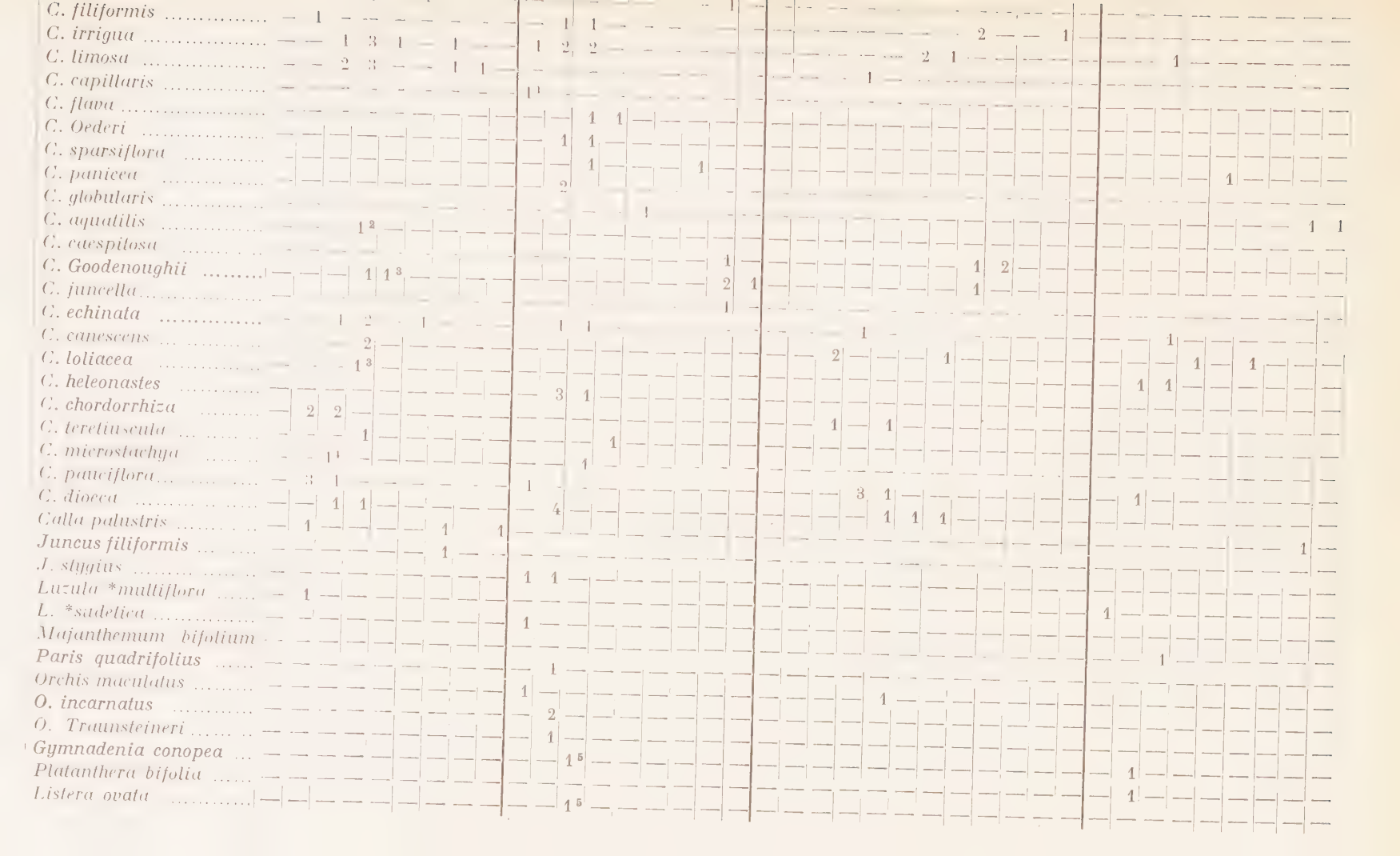
Die amerikanischen Forscher Cannon (1911) und Weaver (1919) haben die Ausgrabungsmethode benutzt und die Wurzelwerke an Ort und Stelle photographiert oder abgezeichnet. Neben die zu untersuchende Pflanze (es ist zu bemerken, dass die untersuchten Pflanzen des öfteren beinahe allein auf dem Standort wuchsen) grub man einen Graben oder eine Grube, um dann mit Hilfe von geeigneten Werkzeugen die Erde um die Wurzeln herum zu entfernen. Dann wurde das Wurzelsystem an Ort und Stelle oder gegen einen passenden Hintergrund photographiert. Weaver findet, dass es besser ist, das Wurzelwerk gleich am Standort abzuzeichnen, da beim Photographieren manche Einzelheiten nicht zum Vorschein kommen.

2. DIE TIEFE DER WURZELSYSTEME UND IHR SCHWANKEN AUF VERSCHIEDENEN MOORTYPEN.

Um die Tiefe der Wurzelwerke zu untersuchen, habe ich, wie bereits S. 20 erwähnt wurde, verschiedenen Verfahren angewendet je nach der Art der betreffenden Probefläche und je nachdem die zu untersuchende Pflanze kurze Wurzeln und auch sonst ein spärliches Wurzelsystem oder aber ein tiefgehendes und reichliches Wurzelwerk besass. Wenn die Pflanzendecke auf der Probefläche undicht war oder wenn es sich bei der Untersuchung um die Wurzeln nur einiger Individuen der Probefläche handelte und die anderen nicht geschont zu werden brauchten, oder wenn der Torfgrund z. B. aus losem S-Torf bestand, konnte des öfteren durch ein einfaches Ausgrabungsverfahren mit Hilfe der Finger und einer Pinzette das ganze Wurzelsystem vollständig hervorpräpariert werden.

Tabelle Nr. 1. Maximaltiefe (in cm) der Wurzeln auf verschiedenen Mooren.

	Weissmoore									Braunmoore								Reisermoore										Bruchmoore							
	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60	70—80	80—100	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50	50—60
Equisetum silvaticum ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
E. palustre	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. fluviatile	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sparganium simplex ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
S. minimum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Scheuchzeria palustris ...	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hierochloë odorata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Nardus stricta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agrostis vulgaris	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. canina	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calamagr. phragmitoides	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
C. stricta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aera flexuosa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. caespitosa.....	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phragmites communis ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Molinia coerulea	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Festuca rubra	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eriophor. polystachyum .	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	1	1	—	—	—	1	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. latifolium.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. vaginatum	—	—	—	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. callitrix	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. gracile	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. alpinum	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Scirpus caespitosus	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rhynchospora alba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



	Weissmoore									'Braunmoore									Reisermoore												Bruchmoore							
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–40	40–50	50–60	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–40	40–50	50–60	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–100	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–40	40–50	50–50
L. cordata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Cypripedilum calceolus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Betula nana	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Montia lamprosperma	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Caltha palustris	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—
Ranunculus acer	—	—	—	—	1^3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
R. repens	—	—	—	1^3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Drosera rotundifolia	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D. longifolia	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Parnassia palustris	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Ulmaria pentapetala	—	—	—	1^3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rubus arcticus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—
R. chamaemorus	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Geum rivale	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1^5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Comarum palustre	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Geranium silvaticum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Empetrum nigrum	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rhamnus frangula	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Viola palustris	—	1^3	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
V. epipsila	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1^7	—	—	—	—	—	—	—
Daphne mezereum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Epilobium palustre	—	—	1^3	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Angelica silvestris	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Peucedanum palustre	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cornus suecica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Pirola minor	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P. secunda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
P. rotundifolia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—

[1] Braunmoorartige Torfbodenwiese (Probefl. 44).
[2] Modriges Flussufer (Probefl. 104).
[3] Braunmoorartiges Quellenweissmoor (Probefl. 28).
[4] Moorwiese (Probefl. 36).
[5] Braunmoorartige Torfbodenwiese (Probefl. 41).
[6] » » (Probefl. 61 u. 62).
[7] OMT-Wald (Probefl. 42).

Hatte die betreffende Probefläche hinwieder eine sehr dicht geschlossene Pflanzendecke, so mussten zwecks Ermittelung der Wurzeltiefe horizontale Profile in verschiedenen Tiefen des Torbodens geschnitten werden. Um die Verzweigung, die Wachstumsrichtung und auch die Tiefe zu untersuchen, habe ich auch das oben (S. 00) erwähnte von ROTMISTROV erfundene und auch von OSVALD benutzte mit Nägeln versehene Brett angewendet (Fig. 2). Die entweder auf diese Weise hervorgeholten oder mit den Fingern, der Pinzette, einer Schere und einem Schnittmesser hervorpräparierten Wurzelwerke konnten dann nach den auf der Probefläche gefertigten Zeichnungen in ihren natürlichen Stellungen auf weissem Papier befestigt werden, um später genauer abgezeichnet zu werden, oder sie sind wie Herbarienpflanzen gereinigt und getrocknet und später photographiert worden.

Das Photographieren der Wurzelwerke auf den Probeflächen konnte nicht in Betracht kommen, teils weil mir kein genügend guter Apparat zur Verfügung stand, teils weil die feinsten Seitenwurzeln der meisten untersuchten Pflanzen so haarfein waren, dass sie auch mit dem besten Apparat nicht auf dem Bilde gegen den Torfgrund sichtbar geworden wären. Schliesslich möchte ich die Schwierigkeit derartiger Wurzeluntersuchungen ganz speziell hervorzuheben. Die Untersuchung geht meistens sehr langsam von statten und verlangt ungemein viel Geduld; dies wird jeder, der sich darin versucht hat, erfahren haben, und es ist ganz natürlich, dass häufig trotz aller Vorsicht und der grössten Genauigkeit eine und die andere Wurzel zerbricht.

Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen habe ich eine Tabelle (Tab. Nr. 1, S. 352-355) über die Tiefe der Wurzeln verschiedener Arten auf verschiedenen Moortypen zusammengestellt. Es handelt sich um beobachtete Maximaltiefen (in cm), die in den Kolumnen befindlichen Zahlen bezeichnen die Anzahl der Probeflächen.

Aus der Tabelle geht hervor,

1) dass die Wurzeln verschiedener Moorpflanzenarten in sehr verschiedene Tiefen eindringen;

2) dass die Wurzeltiefe einiger Arten höchsten 5 cm von der Mooroberfläche beträgt;

3) dass die Wurzeln der meisten Arten 10—15 cm tief reichen;

4) dass nur wenige Arten ihre Wurzeln tiefer als 50 cm einsenden;

5) und dass die maximale Wurzeltiefe vieler Arten auf verschiedenen Moortypen grosse Verschiedenheiten aufweist.

Aus diesen Umständen erhellt, dass die Wurzelsysteme der verschiedenen auf derselben Wuchsfläche wachsenden Arten wenigstens in gewissem Masse Wurzelsystemschichten in verschiedenen Tiefen bilden, oder m. a. W., dass die verschiedenen Pflanzen derselben Wuchsfläche ihre Standböden in verschiedenen Schichten des Torfes haben können. Dieser Umstand ist selbstredend geeignet, die Wurzelkonkurrenz der verschiedenen Arten auf derselben Wuchsfläche zu vermindern.

Aus der Tabelle ist ebenfalls ersichtlich, dass die Wurzeln auf den typischsten Reisermooren tiefer hinunterreichen als auf anderen Moortypen, am zweittiefsten auf Bruchmooren, dann auf Weissmooren und am wenigsten tief auf Braunmooren eindringen.

Bei folgenden Pflanzen ist die Tiefe der Wurzeln höchstens 5 cm von der Oberfläche:

Hierochloë odorata
Carex capillaris
Luzula multiflora
L. sudetica
Montia lamprosperma
Drosera longifolia
Pinguicula vulgaris
Melampyrum silvaticum

Bei folgenden Pflanzen beträgt die Wurzeltiefe höchstens 10 cm:

Calamagrostis stricta
Eriophorum gracile
Carex panicea
Rhynchospora alba
Paris quadrifolius
Juncus stygius
Platanthera bifolia
Orchis incarnatus
O. Traunsteineri
Drosera rotundifolia (gew. unt. 5 cm)
Geum rivale (mangelh. Beobacht.)
Empetrum nigrum
Viola palustris
V. epipsila
Pirola secunda
Oxycoccus microcarpus
Myosotis palustris

Prunella vulgaris
Rhinanthus minor
Pedicularis palustris
P. sceptrum (mangelh. Beob.)
Galium palustre
G. uliginosum
Cirsium heterophyllum (mang- Beob.)

Bei folgenden Pflanzen beträgt die Wurzeltiefe höchstens 15 cm:

Sparganium simplex
S. minimum (max. Tiefe 17 cm)
Scheuchzeria palustris
Agrostis vulgaris
A. canina
Eriophorum callitrix
Carex vesicaria
C. Oederi
C. heleonastes (gew. 5-10 cm)
C. microstachya
Majanthemum bifolium
Listera ovata
L. cordata
Cypripedilum calceolus
Gymnadenia conopea
Parnassia palustris (gew. unter 10 cm)
Geranium silvaticum
Epilobium palustre
Angelica silvestris
Pirola minor
P. rotundifolia
Oxycoccus paluster (gew. unter 10 cm)
Melampyrum pratense
Solidago virgaurea
Crepis paludosa

Bei folgenden Pflanzen beträgt die Wurzeltiefe höchstens 20 cm:

Aera caespitosa
A. flexuosa
Festuca rubra
Eriophorum alpinum
Carex aquatilis
Carex teretiuscula
C. loliacea (gew. 10-15 cm)
Ranunculus repens
Ulmaria pentapetala
Calluna vulgaris

Bei folgenden Pflanzen ist die Wurzeltiefe höchstens 25 cm:

Nardus stricta
Carex chordorrhiza (gew. unt. 15 cm)
C. flava
C. pauciflora (auf einem Braunmoor unter 5 cm)
Orchis maculatus (auf einem Braunmoor unter 5 cm)
Caltha palustris
Ranunculus acer
Peucedanum palustre
Rubus arcticus (gew. unter 10 cm)
Myrtillus uliginosa
Vaccinium vitis idaea
Trientalis europaea (gew. unt. 15 cm)

Bei folgenden Pflanzen beträgt die Wurzeltiefe höchstens 30 cm:

Equisetum silvaticum (mangelh. Beob.)
E. palustre
Carex echinata (gew. unter 20 cm)
Betula nana
Rhamnus frangula
Cassandra calycul. (oft unt. 15 cm)
Andromeda polifolia (auf Weissmooren unter 20 cm)
Scutellaria galericulata (gew. unt. 10 cm)
Cirsium palustre

Bei folgenden Pflanzen beträgt die Wurzeltiefe höchstens 35—40 cm:

Calamagrostis phragmitoides
Molinia coerulea
Eriophorum latifolium (auf Braunmooren 5-10 cm)
E. vaginatum
Scirpus caespitosus
Carex irrigua (auf Braunmooren 5-15 cm)
C. limosa
Carex sparsiflora
C. canescens (gew. unter 20 cm)
C. dioeca (auf Braunmooren 5-10 cm)
Juncus filiformis (gew. unt. 20 cm)
Ledum palustre (auf Weissmooren unter 15 cm)
Myrtillus nigra

Die Wurzeltiefe folgender Pflanzen ist höchstens 50 cm:

Carex rostrata
Comarum pal. (gew. unt. 30 cm)

Folgende Pflanzen haben eine Wurzeltiefe von höchstens 60 cm:

Carex Goodenoughii
C. caespitosa
Carex globularis
Rubus chamaemorus

Folgende Pflanzen haben eine Wurzeltiefe von mehr als 60 cm:

Equisetum fluviatile (80 cm)
Phragmites communis (100 cm)
Carex filiformis (75 cm)
Eriophorum polystachyum (80 cm) (gew. 25-30 cm)
Calla palustris (70 cm)

Wir bemerken mithin, dass etwa 50 % aller untersuchten Moorpflanzen ihre Wurzeln höchstens 15 cm tief einsenden und dass nur 10 % der untersuchten Arten ihre Wurzeln tiefer als 50 cm zu stossen vermögen. Die Moorpflanzen haben demnach im allgemeinen sehr wenig tief reichende Wurzeln.

Um ein anschauliches Bild darüber zu erhalten, welche Pflanzenarten die grössten Schwankungen in bezug auf die Tiefe ihrer Wurzeln

aufweisen und auf was für Moortypen oder anderen Wuchsflächen sie ihre maximale Tiefe und wo ihre minimale Tiefe erreichen, habe ich auf Grund des Primärmaterials folgende Tabelle zusammengestellt (Tabelle Nr. 2), aus welcher, trotz der verhältnismässig spärlichen Beobachtungen, die besagten Umstände den Tatsachen wahrscheinlich im grossen und ganzen gut entsprechend hervorgehen.

Tabelle Nr. 2. Die grössten Schwankungen in betreff der maximalen Tiefe der Wurzeln finden sich bei folgenden Pflanzen:

Reisermoore			Bruchmoore			Weissmoore			Braunmoore		
Prob. Nr.	Torfart	Tiefe cm	Prob. Nr.	Torfart	Tiefe cm	Prob. Nr.	Torfart	Tiefe cm	Prob. Nr.	Torfart	Tiefe cm
7	N-S-T	30.00	13	Po-S-T	15.92	2	S-C-T	17.77	46	A-C-T	24.13
8	N-S-T	27.38	16	Po-S-T	25.66	5	C-S-T	25.52	47	A-C-T	14.85
9	N-S-T	28.50	19	C-S-T	20.00	6	C-S-T	17.88	56	A-C-T	11.38
12	N-S-T / S-T	44.29	69	Po-S-T	31.67	29	C-S-T	20.75	75	A-C-T	10.00
97	A-C-T	35.00	73	M-C-S-T	16.67	78	S-C-T	15.83	98	A-C-T	10.50
Durchschnittliche Tiefe 33,03 cm			Durchschnittliche Tiefe 21,98 cm			Durchschnittliche Tiefe 19,48 sm			Durchschnittliche Tiefe 14,17 cm		

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Wurzeln der meisten darin vorkommenden Arten ihre grösste Tiefe auf Reisermooren erreichen und dass die kleinste maximale Tiefe bei den meisten entweder auf Braunmooren oder Weissmooren, Torfbodenwiesen oder an steinigen Ufern angetroffen wird.

Um die in den Durchschnittswerten der maximalen Tiefe der Wurzeln bestehenden Differenzen auf verschiedenen Mooren näher zu ermitteln, habe ich für jeden Hauptmoortyp je 5 verschiedene Probeflächen gewählt und den Durchschnittswert der maximalen Tiefe in bezug auf alle untersuchten Pflanzen einer jeden Probefläche berechnet. Die Reisermoore werden hier durch die Probeflächen Nr., 7, 8, 9, 12 und 97, die Bruchmoore durch die Probeflächen Nr. 13, 16, 69 und 73, die Weissmoore durch die Probeflächen Nr. 2, 5, 6, 29 und 78 und die Braunmoore durch die Probeflächen Nr. 46, 47, 56, 75 und 98 vertreten.

Aus folgender Tabelle ersieht man den Mittelwert der maximalen Tiefe in bezug auf die Wurzeln sämtlicher untersuchten Pflanzen auf den genannten, Reiser-, Bruch-, Weiss- und Braunmoore vertretenden Probeflächen.

Tabelle Nr. 3. Durchschnittliche maximale Tiefe der Wurzeln sämtlicher untersuchten Pflanzen auf verschiedenen, Reiser-, Bruch-, Weiss- und Braunmoore vertretenden Probeflächen.

Art	Kleinste maximale Tiefe			Grösste maximale Tiefe			Differenz der Tiefe, cm
	Probefläche Nr.	Moortyp oder Wuchsfl.	Tiefe cm	Probefläche Nr.	Moortyp oder Wuchsfl.	Tiefe cm	
Calamagr. phragmitoides	9	R	20	16	Br	40	20
Phragmites communis ...	101	Sb	10	63	BR	100	90
Molinia coerulea	82	Su	2	97	BR(R)	40	38
Eriophor. polystachyum .	92	R	5	22	Wg	80	75
E. latifolium	67	B	5	97	BR(R)	35	30
E. vaginatum	78	W	20	85	R	40	20
Scirpus caespitosus	98	BR(B)	5	89	W	40	35
Carex rostrata	2	W	15	59	B	50	35
C. filiformis	2	W	5	12	R	75	70
C. irrigua	59	B	5	93	R	35	30
C. limosa	32	W	10	5	W	45	35
C. sparsiflora	50	B	15	77	B	40	25
C. globularis	50	B	25	16	Br	60	35
C. Goodenoughii	6	W	20	46	B	60	40
C. juncella.....	28	W	20	3	W	50	30
C. echinata	98	BR(B)	10	32	W	30	20
C. canescens	3	W	15	20	R	40	25
C. chordorrhiza	5	W	10	1	R	25	15
C. pauciflora.....	58	B	5	1	R	25	20
C. dioeca	45	B	5	12	R	40	35
Calla palustris	26	W	10	35	W	65	55
Juncus filiformis	62	Tw	15	35	W	35	20
Orchis maculatus	75	B	5	87	R	25	20
Caltha palustris	53	B	10	19	Br	25	15
Ranunculus acer	108	Tw	10	28	W	25	15
Drosera rotundifolia ...	47	B	2	12	R	10	8
Parnassia palustris	83	F	3	62	Tw	15	12
Rubus arcticus	108	Tw	6	69	Br	25	19
R. chamaemorus	5	W	20	93	R	60	40
Comarum palustre	47	B	10	22	Wg	50	40
Cornus suecica	42	Wd	8	16	Br	45	37
Ledum palustre.....	5	W	20	7	R	35	15
Cassandra calyculata ...	4	W	15	7	R	30	15
Andromeda polifolia ...	6	W	20	9	R	30	10
Oxycoccus paluster	56	B	5	9	R	15	10
Trientalis europaea	16	Br	10	10	R	25	15
Myrtillus nigra.....	13	Br	10	8	R	45	35
Menyanthes trifoliata ...	45	B	20	12	R	70	50
Melampyrum pratense...	13	Br	5	12	R	15	10

R= Reisermoor, Br= Bruchmoor, B= Braunmoor, BR= Braumoor-Reisermoor, W= Weissmoor, Sb= Sandboden, Su= Steiniges Ufer. Wg=Wassergrube, Tw= Torfbodenwiese, S= Felsen.

Die durchschnittliche Tiefe der Wurzeln weist mithin auf den verschiedenen Moortypen recht merkbare Unterschiede auf. Auf den Reisermoore vertretenden Probeflächen dringen die Wurzeln sämtlicher untersuchten Pflanzen durchschnittlich 33 cm tief in den Boden. Für die Bruch-, Weiss- und Braunmoore sind die entsprechenden Zahlen bzw. 22, 19 und 14 cm.

3. DIE TIEFE DER WURZELSYSTEME UND DIE PFLANZENZUSAMMENSETZUNG DER TORFART.

Neben der Tiefe der Wurzelsysteme und ihrem Schwanken auf verschiedenen Moortypen habe ich auch die Tiefenverhältnisse der Wurzelsysteme auf verschiedenartigen Torfböden berücksichtigt. Ich bringe hier ausführliche Angaben über sämtliche 79 Probeflächen, wo die Torfart (also die Pflanzenzusammensetzung) untersucht und Tiefenbeobachtungen in bezug auf die Wurzeln gemacht worden sind.

a) Die Torfart ist A-C-T auf folgenden Probeflächen: Probefl. Nr. 27 (Weidenau), 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor), 41, 44 (braunmoorartige Torfbodenwiesen), 45, 46, 47, 48 (*Paludella*-Braunmoore), 49 (*Carex heleonastes*-Braunmoor), 51 (Braunmoor), 52 (*Amblystegium-Carex heleonastes*-Braunmoor), 53 (Braunmoor), 55, 56 (Rimpi-Braunmoor), 57 (Wassergraben auf einem Braunmoore), 58 (Rimpi-Braunmoor), 59 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor), 62 (braunmoorartige Torfbodenwiese), 67 (Rimpi-Braunmoor), 75, 76 (*Hypnum trichoides*-Braunmoor), 98 (Braunmoor-Reisermoor, Braunmoorteil). Von den auf diesen Probeflächen wachsenden Pflanzen sind die untenstehenden Arten in bezug auf ihre Wurzeltiefe untersucht worden; der Mittelwert der maximalen Tiefe stellt sich wie folgt dar:

Equisetum palustre	25.0 cm	*E. latifolium*	11.30 cm
Sparganium minimum	8.50 »	*E. alpinum*	7.50 »
Agrostis canina	10.00 »	*E. callitrix*	9.50 »
Calamagrostis stricta	7.50 »	*E. gracile*	7.50 »
Aera flexuosa	10.50 »	*Scirpus caespitosus*	5.00 »
A. caespitosa	9.00 »	*Rhynchospora alba*	7.50 »
Molinia coerulea	13.50 »	*Carex rostrata*	28.50 »
Eriophorum polystachyum	16.25 »	*C. filiformis*	9.25 »

C. irrigua	7.50 cm	*Ranunculus acer*	22.50 cm
C. capillaris	3.50 »	*R. repens*	17.50 »
C. flava	20.00 »	*Drosera rotundifolia*	1.75 »
C. Oederi	8.25 »	*D. longifolia*	2.00 »
C. panicea	7.50 »	*Parnassia palustris*	9.50 »
C. Goodenoughii	41.50 »	*Ulmaria pentapetala*	17.50 »
C. juncella	25.00 »	*Rubus arcticus*	7.50 »
C. echinata	12.50 »	*Comarum palustre*	13.50 »
C. canescens	17.50 »	*Viola palustris*	6.25 »
C. loliacea	17.50 »	*Epilobium palustre*	7.50 »
C. heleonastes	8.50 »	*Oxycoccus paluster*	3.50 »
C. teretiuscula	17.50 »	*O. microcarpus*	3.50 »
C. microstachya	12.50 »	*Trientalis europaea*	7.50 »
C. pauciflora	3.50 »	*Menyanthes trifoliata*	22.50 »
C. dioeca	7.50 »	*Prunella vulgaris*	6.50 »
Juncus filiformis	12.50 »	*Rhinanthus minor*	7.50 »
J. stygius	5.00 »	*Melampyrum pratense*	7.50 »
Luzula sudetica	2.50 »	*Pedicularis palustris*	7.50 »
Paris quadrifolius	7.50 »	*P. sceptrum*	7.50 »
Orchis maculatus	2.50 »	*Pinguicula vulgaris*	2.50 »
O. incarnatus	7.50 »	*Galium palustre*	4.00 »
O. Traunsteineri	6.00 »	*G. uliginosum*	7.50 »
Gymnadenia conopea	12.50 »	*Cirsium heterophyllum*	7.50 »
Listera ovata	7.50 »	*C. palustre*	25.00 »
Caltha palustris	10.50 »	*Crepis paludosa*	11.50 »

Der Mittelwert der maximalen Tiefe der Wurzeln sämtlicher in A-C-Torf wachsenden untersuchten Pflanzen beträgt somit 10.7 cm.

b) Die Torfart ist C-T auf folgenden Probeflächen: Probefl. Nr. 25 (Wassergrube am Rande eines Seggenreisermoores), 37 (Überschwemmungsmoor od. Moorwiese), 39 (Moorwiese). Auf diesen Probeflächen sind die untenstehenden Pflanzenarten in bezug auf die Tiefe ihrer Wurzeln untersucht worden; der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe einer jeden Art stellt sich wie folgt dar:

Carex vesicaria	7.50 cm
Sparganium simplex	13.50 »
Caltha palustris	12.50 »

Der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe sämtlicher in C-Torf wachsenden Pflanzen ist 11.17 cm.

c) Die Torfart ist S-C-T auf folgenden Probeflächen: Probefl. Nr. 2, 3 (eutraphentes Grossseggen-Weissmoor), 38 (Seggenreisermoor), 40 (Überschwemmungsmoor), 64 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte), 78 (Grossseggen-Weissmoor) und 79. Auf diesen Probeflächen ist die Tiefe der Wurzeln untenstehender Pflanzen untersucht worden; der Mittelwert der maximalen Tiefen stellt sich wie folgt dar:

Equisetum fluviatile	35.00 cm	*Carex chordorrhiza*	10.00 cm
Scheuchzeria palustris	13.25 »	*C. teretiuscula*	17.50 »
Agrostis canina	7.50 »	*C. dioeca*	22.50 »
Eriophorum vaginatum	22.50 »	*Juncus filiformis*	17.50 »
E. polystachyum	12.50 »	*Betula nana*	12.50 »
Carex rostrata	17.50 »	*Comarum palustre*	22.50 »
C. filiformis	7.50 »	*Peucedanum palustre*	17.50 »
C. irrigua	22.50 »	*Pirola minor*	7.50 »
C. limosa	17.50 »	*Andromeda polifolia*	12.50 »
C. Goodenoughii	45.00 »	*Oxycoccus paluster*	7.50 »
C. echinata	17.50 »	*O. microcarpus*	2.50 »
C. canescens	17.50 »	*Menyanthes trifoliata*	40.00 »

Der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe sämtlicher in S-C-T orf wachsenden untersuchten Pflanzen beträgt somit 17.60 cm.

d) Die Torfart ist C-S-T auf folgenden Probeflächen: Probefl. Nr. 1 (Seggenreisermoor; Oberflächentorf S-C-T), 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor), 6 (reiserreiches Seggen-*Menyanthes*-Weissmoor), 17 (Bruchmoor), 19 (*Calla*-Bruchmoor), 29 (Kolkmoor), 32, 33, 34, 35 (Verlandungsmoore), 65 (anmooriger Wald), 68 (Bruchmoor), 73 (Multbeerbruch), 89 (*Scirpus caespitosus-Sphagnum tenellum*-Ass.), 91 (Bruchmoor), 94 (Grossseggen-Weissmoor). Auf diesen Probeflächen sind die untenstehenden Arten in bezug auf die Tiefe ihrer Wurzeln untersucht worden; der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefen der verschiedenen Arten stellt sich wie folgt dar:

Equisetum palustre	27.50 cm	*Scirpus caespitosus*	35.00 cm
E. fluviatile	15.00 »	*Carex rostrata*	27.50 »
Sparganium simplex	12.50 »	*C. irrigua*	17.50 »
Scheuchzeria palustris	9.50 »	*C. limosa*	18.00 »
Agrostis vulgaris	12.50 »	*C. globularis*	45.00 »
Eriophorum vaginatum	28.75 »	*C. Goodenoughii*	17.50 »

C. echinata	20.00 cm	*Empetrum nigrum*	7.50 cm
C. canescens	15.00 »	*Pirola minor*	12.50 »
C. loliacea	10.00 »	*Ledum palustre*	12.50 »
C. chordorrhiza	14.00 »	*Andromeda polifolia*	17.50 »
C. pauciflora	12.50 »	*Myrtillus uliginosa*	22.50 »
Calla palustris	45.00 »	*Vaccinium vitis idaea*	17.50 »
Juncus filiformis	32.50 »	*Oxycoccus paluster*	7.50 »
Montia lamprosperma	4.50 »	*O. microcarpus*	3.00 »
Caltha palustris	15.50 »	*Lysimachia thyrsiflora*	25.00 »
Ranunculus repens	12.50 »	*Menyanthes trifoliata*	27.00 »
Drosera rotundifolia	2.50 »	*Scutellaria galericulata*	7.50 »
Parnassia palustris	7.50 »	*Melampyrum pratense*	12.50 »
Rubus chamaemorus	17.50 »	*Galium palustre*	7.50 »
Comarum palustre	25.50 »		

Der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefen sämtlicher in C-S-Torf wachsenden Pflanzen ist 18.03 cm.

e) Die Torfart ist S-T (der S-Torf enthält hier ausser reinem S-Torf auch Po-S- und N-S-Torf) auf folgenden Probeflächen: Probefl. Nr. 4 (S-T; kurzhalmiges Wollgrasmoor), 7,8,12 (N-S-T; *Cassandra*-Moore), 10 (S-T; Reisermoorbülte), 13,16 (Po-S-T; *Equisetum silvaticum*-Bruchmoore), 18 (Po-S-T; Bruchmoor), 20 (S-T; *Ledum*-Moor; Wassergrube), 21 (N-S-T; *Ledum*-Reisermoor), 24 (S-T; Reisermoor, Wassergrube), 30 (S-T; *Sphagnum papillosum Carex-pauciflora*-Weissmoor od. Flark (Rimpi)-Moor), 31 (S-T; *Sphagnum papillosum*-Weissmoor, Bülte), 69 (Po-S-T; Multbeerbruch), 70 (S-T; Multbeerbruch, Schlenke), 80 (S-T; Grasbruch), 84 (S-T; kurzhalmiges Weissmoor), 85 (N-S-T; *Sphagnum fuscum*-Reisermoor), 86 (S-T; *Scheuchzeria-Sphagnum balticum*-Ass.), 87 (N-S-T; Rosmarinkrautmoor), 88 (S-T; Reisermoor), *Scirpus caespitosus-Sphagnum tenellum*-Ass.), 90 (Po-S-T; bültenreiches Reisermoor), 92 (S-T; Reisermoor), 93 (S-T; Reisermoor, Bülte), 96 (N-S-T; *Sphagnum magellanicum*-Bülte). Auf diesen Probeflächen sind die untenstehenden Arten in bezug auf die Tiefe ihrer Wurzeln untersucht worden; der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefen der verschiedenen Arten stellt sich wie folgt dar:

Equisetum fluviatile	77.50 cm	*Molinia coerulea*	30.00 cm
E. silvaticum	27.50 »	*Calamagrostis phragmitoides*	26.50 »
Scheuchzeria palustris	7.50 »		
Hierochloë odorata	3.50 »	*Eriophorum polystachyum*	13.50 »

E. vaginatum	27.50 cm	*Comarum palustre*	12.50 cm
E. alpinum	12.50 »	*Geranium silvaticum*	12.50 »
Scirpus caespitosus	27.50 »	*Viola palustris*	7.50 »
Carex vesicaria	12.50 »	*Peucedanum palustre*	22.50 »
C. filiformis	51.00 »	*Cornus suecica*	45.50 »
C. irrigua	27.50 »	*Pirola secunda*	7.50 »
C. sparsiflora	22.50 »	*P. rotundifolia*	12.50 »
C. globularis	55.00 »	*Ledum palustre*	32.50 »
C. echinata	15.00 »	*Cassandra calyculata*	19.00 »
C. canescens	25.00 »	*Myrtillus nigra*	26.50 »
C. pauciflora	14.50 »	*M. uliginosa*	22.50 »
C. dioeca (Probefl. 12; max. 40 cm)	16.00 »	*Vaccinium vitis idaea*	20.00 »
		Oxycoccus paluster	7.50 »
Majanthemum bifolium	12.50 »	*O. microcarpus*	4.50 »
Orchis maculatus	22.50 »	*Calluna vulgaris*	15.00 »
Listera cordata	12.50 »	*Trientalis europaea*	15.00 »
Betula nana	25.00 »	*Menyanthes trifoliata*	55.00 »
Montia lamprosperma	2.50 »	*Melampyrum pratense*	12.50 »
Drosera rotundifolia	4.50 »	*Galium palustre*	4.00 »
D. longifolia	2.50 »	*Linnaea borealis*	7.50 »
Rubus arcticus	15.00 »	*Solidago virgaurea*	2.50 »
R. chamaemorus	47.00 »		

Der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefen sämtlicher in S-Torf wachsenden untersuchten Pflanzen beträgt somit 20.63 cm.

Es sei ferner erwähnt, dass die in N-S-Torf wachsenden Wurzeln am tiefsten dringen; der Mittelwart der maximalen Wurzeltiefe der untersuchten Arten ist 28.50 cm.

Aus allen oben vorgelegten Untersuchungen geht also hervor, dass der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe sämtlicher untersuchten Pflanzen

in	A-C-Torf	10.70 cm
»	C-Torf	11.17 »
»	S-C-Torf	17.60 »
»	C-S-Torf	18.03 »
»	S-Torf	20.63 »
»	N-S-Torf	28.50 »

ausmacht oder dass die Wurzeln in A-C-Torf und C-Torf am untiefsten liegen, in S-C-Torf und C-S-Torf erheblich tiefer dringen und in S-Torf,

namentlich in N-S-Torf tiefer als in den anderen Torfarten zu finden sind.

Ferner erscheint es sehr geboten, die Tiefenausdehnung der Wurzelsysteme auf solchen Probeflächen zu untersuchen, wo der Oberflächentorf und der tiefer unten befindliche Torf von verschiedener Art sind. Es hat sich nämlich in gewissen Fällen gezeigt, dass die Wurzeln einiger auf solchen Wuchsflächen wachsenden Pflanzen sich nicht eigentlich im Oberflächentorf, sondern in dem darunter befindlichen Torf entwickeln. Diesen Umstand erwähnt auch KOTILAINEN (1927, S. 62 und 85), welcher bemerkt, dass beispielsweise die Wurzeln von *Phragmites communis* und *Eriophorum latifolium*, wenn die Pflanzen in *S. fuscum*-Torf wachsen, sich in dem unter dem *S. fuscum*-Torf befindlichen weniger saueren A-C-Torf entwickeln, m. a. W., dass ihr eigentlicher Standboden nicht der sauere S-Torf, sondern der tiefer befindliche A-C-Torf ist.

Zu derartigen Probeflächen gehören z. B. die folgenden: Probefl. Nr. 9 (*Cassandra*-Moor, Bülte), 50 (Braunmoorbülte), 54 (Braunmoor-Reisermoor, *Sphagnum fuscum*-Bülte), 63 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte), 95 (Grossseggenweissmoor) und 97 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte).

Auf der Probefläche 9 (*Cassandra*-Moor), deren Oberflächentorf bis zu einer Tiefe von 0.3—0.4 m aus N-S-Torf besteht, der dann in C-S-Torf übergeht, wachsen u. a. folgende Pflanzen: *Aera flexuosa, Calamagrostis phragmitoides, Carex Goodenoughii, C. dioeca, Eriophorum polystachyum, Menyanthes trifoliata, Ledum palustre, Andromeda polifolia, Oxycoccus paluster, Calluna vulgaris.* Von diesen stossen nur *Carex Goodenoughii* und *Menyanthes trifoliata* ihre Wurzeln tiefer in den C-S-Torf hinunter, die erstere 45 cm, die letztere 60 cm. Als Standboden dieser tiefer eindringenden Wurzeln ist also der C-S-Torf zu betrachten. In bezug auf die anderen Arten schwankt die maximale Tiefe der Wurzeln zwischen 10—30 cm; diese entwickeln sich also nur im N-S-Torf, der ihren Standboden ausmacht. Die Wurzeln von *Carex dioeca* reichen indes bis in eine Tiefe von 30 cm, also bis an die Grenze des C-S-Torfes. Wurzeln von *Carex Goodenoughii* und *Menyanthes trifoliata* finden sich aber auch im Oberflächentorf.

Auf der Probefläche 50 (Braunmoorbülte), deren Ober-

flächentorf aus einer 0.2 m dicken Po-Torfschicht besteht, die dann in A-C-Torf übergeht, wachsen folgende Pflanzen, deren Wurzeltiefe untersucht worden ist: *Molinia coerulea, Nardus stricta, Carex caespitosa, C. globularis, C. sparsiflora, Eriophorum latifolium, Comarum palustre, Angelica silvestris.* Von diesen haben *Carex caespitosa, C. globularis, Molinia coerulea, Nardus stricta* und *Eriophorum latifolium* 25—50 cm tief in den Boden, also in den A-C-Torf reichende Wurzeln, deren eigentlicher Standboden also der A-C-Torf ist. Das Wurzelsystem von *Eriophorum latifolium* befindet sich ganz und gar im A-C-Torf. Die am reichlichsten verzweigten Wurzeln von *Molinia* entwickeln sich auch nur im A-C-Torf. Die Wurzeln von *Carex sparsiflora, Comarum palustre* und *Angelica* wachsen 10—15 cm tief, weshalb ihr Standort der Po-Torf ist.

Auf der Probefläche 54 (Braunmoor-Reisermoor; *Sphagnum fuscum*-Bülte), deren Oberflächentorf aus einer 0.5 m dicken *S. fuscum*-Torfschicht besteht, nach welcher eine A-C-Torfschicht folgt, erstrecken sich die untersten Wurzeln von *Carex caespitosa* 60 cm tief, während die untersten Rhizomteile und die meisten Wurzeln von *Phragmites communis* in 60—70 cm Tiefe wachsen. Der eigentliche Standboden dieser beiden Arten ist also der A-C-Torf.

Auf der Probefläche 63 (Entwässerungsphase eines Braunmoor-Reisermoores; Bülten), wo der Oberflächentorf aus S-Torf (*S. centrale*) und die darunterliegende Schicht aus M-C-S- (eutrophem) Torf besteht, in welchem die pH in 1 m Tiefe 5.60 beträgt, entwickeln sich die längsten Wurzeln von *Carex caespitosa* in einer Tiefe von 50—60 cm und die ältesten lebenden Teile des Rhizoms sowie die Wurzeln von *Phragmites communis* in einer Tiefe von 90—100 cm. Der eigentliche Standboden zum mindesten von *Phragmites* ist also der M-C-S-Torf. Die Wurzeln von *Molinia coerulea* und *Rhamnus frangula* dringen 20—30 cm tief in den Torf ein.

Auf der Probefläche 95 (Grossseggenweissmoor), deren Oberflächentorf aus einer 0.2 m dicken C-S-Torfschicht besteht, worunter sich C-Torf befindet, stossen die Wurzeln von *Carex limosa* 30—35 cm tief in den Boden hinunter, also in den C-Torf; die Wurzeln von *Eriophorum polystachyum* finden sich in einer Tiefe von 7—12 cm, also im C-S-Torf.

Auf der Probefläche 97 (Braunmoor-Reisermoor, Bülte),

deren Oberflächentorf aus einer 0.25 m dicken S-Torfschicht (hauptsächlich *S. fuscum*) besteht, auf welche eine A-C-Torfschicht folgt (pH = 5.00 in einer Tiefe von 0.10—0.15 m und 6.10 in einer Tiefe von 0.5—0.6 m), wachsen die Wurzeln von *Eriophorum latifolium* 30—35 cm tief, die von *Molinia coerulea* und *Scirpus caespitosus* 35—40 bzw. 25—30 cm.

Aus den oben vorgelegten Beobachtungen geht hervor, dass die Wurzelsysteme gewisser Arten (*Eriophorum latifolium, Molinia coerulea, Carex dioeca, Scirpus caespitosus, Phragmites communis, Carex caespitosa?, C. limosa?*) an solchen Plätzen tiefer als gewöhnlich vorkommen können, wo sich auf der eutrophen, ihren ursprünglichen Standort bildenden Torfschicht im Laufe der progressiven Moorentwicklung ein andersartiger (Po- oder S-)Torf entwickelt hat.

So beträgt z. B. der Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe von *Eriophorum latifolium* im A-C-Torf (Probefl. 46, 47, 48, 67, 75) 11.5 cm. Die Pflanze kommt aber auch auf niedrigen Po-Bülten (Probefl. 54) und auf S-Bülten (Probefl. 97) vor, wenn sich unter dem dünnen Oberflächentorf A-C-Torf befindet; in derartigen Fällen entwickelt sich ihr Wurzelsystem nicht im Oberflächentorf, sondern im A-C-Torf, indem die Tiefe der Wurzeln 20—35 cm von der Oberfläche beträgt. Die Pflanze ist dann imstande gewesen, sich primär auf dem alten Standboden zu behaupten. Die maximale Wurzeltiefe von *Carex dioeca* ist im A-C-Torf (Probefl. 45, 46, 48, 59) 10 cm, aber auf den Probeflächen 9 und 12 schwankt die maximale Tiefe zwischen 30—40 cm. Die beobachtete maximale Tiefe der Wurzeln von *Molinia coerulea* auf der Probefläche 45, in reinem A-C-Torf, beträgt 15 cm; wenn sich aber auf dem ursprünglichen Standboden, wie auf der Probefläche 50, Po-Torf gebildet hat, dringen die Wurzeln 30 cm tief, und auf der Probefläche 97, wo der ursprüngliche Standboden von *S. fuscum*-Torf bedeckt ist, beträgt die Tiefe der Wurzeln 35—40 cm. Die Tiefe der Wurzeln von *Scirpus caespitosus* in A-C-Torf (Probefl. 56, 98) beläuft sich auf 5—10 cm, wenn aber auf dem A-C-Torf von *S. fuscum*-Torf (Probefl. 97) lagert, ist die Tiefe 25—30 cm. Das Rhizom und die lebenden Wurzeln von *Phragmites communis* können während der progressiven Phasen der Moorentwicklung in ihrem unten erhalten gebliebenem Standboden fortdauern

(Probefl. 54, 63), z. B. 70—100 cm tief, während sie z. B. auf Sand- und Steinboden (Probefl. 101) bloss etwa 15 cm in die Tiefe dringen.

4. DAS VERHÄLTNIS DER TIEFE DER WURZELSYSTEME ZUR GRUNDWASSERHÖHE.

Das Verhältnis der Tiefenausdehnung der Wurzeln und Rhizome zur Grundwasserhöhe ist auf folgenden Probeflächen untersucht worden, von denen Nr. 46, 47, 48, 56, 75 und 98 Braunmoore, Nr. 2, 3, 4, 5, 6, 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor), 29, 31, 78 und 84 Weissmoore, Nr. 13, 16, 19, 69 und 73 Bruchmoore, Nr. 1, 7, 8, 9, 12, 54, 63 und 97 Reisermoore vertreten.

Die Tabelle Nr. 4 (S. 372-375), in der diese Probeflächen moortypenweise gruppiert sind, zeigt die maximale Tiefe der Wurzelsysteme einer jeden auf der Probefläche untersuchten Pflanzenart in Zentimetern. Die Normalhöhe des Grundwassers in Zentimetern ist in der senkrechten Kolumne jeder Probefläche vermerkt. Eine Ausnahme bildet nur die Probefläche Nr. 16 (Bruchmoor), da ihre Oberfläche uneben ist und die Grundwasserhöhe deshalb auf den Bülten und in den Schlenken eine verschiedene ist. Der Grundwasserstand in den Schlenken betrug 15—20 cm.

Aus der Tabelle erhellt, dass die Wurzeln folgender Arten in das Grundwasser eindringen können:

(Gruppe A)

Equisetum fluviatile
E. palustre
E. silvaticum
Scheuchzeria palustris
Molinia coerulea (nicht immer)
Phragmites communis (tief)
Eriphorum vaginatum (nicht immer)
E. polystachyum
Carex rostrata (recht tief)
C. filiformis (gew. nur bis zur Grundw.-Fläche)
C. irrigua
C. limosa
C. Goodenoughii (oft tief)
C. juncella (gewöhnl. tief)
C. echinata (oft nur bis zur Grundw.-Fläche)
C. canescens
C. chordorrhiza (ausnahmsweise)
C. pauciflora »
Calla palustris
Ranunculus acer (nicht tief)
Rubus chamaemorus
Comarum palustre
Andromeda polifolia (nicht tief)
Menyanthes trifoliata (häufig tief)
Cirsium palustre

Bis zur Grundwasserfläche können die Wurzeln folgender Pflanzen sich entwickeln und folglich das Steigen des Grundwassers einigermassen vertragen:

(Gruppe B)

Calamagrostis phragmitoides
Aera caespitosa
Agrostis canina
Carex vesicaria
C. loliacea (in Quellwasser)
C. teretiuscula
C. caespitosa
C. flava
C. Oederi
Eriophorum latifolium
Caltha palustris
Ranunculus repens (selten)
Ulmaria pentapetala
Myrtillus nigra (selten)
M. uliginosa »
Cassandra calyculata
Pirola minor

Demgegenüber erstrecken sich die Wurzeln folgender Pflanzen nicht bis an die Grundwasserfläche, sondern entwickeln sich in höher gelegenen Schichten:

(Gruppe C)

Sparganium simplex
Hierochloë odorata
Agrostis vulgaris
Aera flexuosa
Calamagrostis stricta (?)
Eriophorum gracile (?)
E. alpinum
Scirpus caespitosus
Rhynchospora alba
Carex globularis
C. dioeca
Juncus filiformis
J. stygius
Luzula multiflora
Majanthemum bifolium
Paris quadrifolius
Orchis maculatus
O. incarnatus
O. Traunsteineri
Listera cordata
Betula nana
Polygonum viviparum
Drosera rotundifolia
D. longifolia
Parnassia palustris
Rubus arcticus
Geranium silvaticum
Empetrum nigrum
Rhamnus frangula
Viola palustris
Epilobium palustre
Peucedanum palustre
Cornus suecica
Pirola secunda
P. rotundifolia
Ledum palustre
Vaccinium vitis idaea
Oxycoccus paluster
O. microcarpus
Calluna vulgaris
Trientalis europaea
Scutellaria galericulata
Prunella vulgaris
Rhinantus minor
Melampyrum pratense
Pedicularis palustris
Galium palustre
G. uliginosum
Linnaea borealis
Solidago virgaurea

Tabelle Nr. 4. Maximaltiefe der Wurzelsysteme und Lage der Grundwasserfläche, beide in Zentimetern.

Arten	Braunmoore						Weissmoore										Bruchmoore					Reisermoore							
	Probefl. Nr.						Profl. Nr.										Probefl. Nr.					Probefl. Nr.							
	46	47	48	56	75	98	2	3	4	5	6	28	29	31	78	84	13	16	19	69	73	1	7	8	9	12	54	63	97
	Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm						Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm										Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm					Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm							
	20	15—20	15—20	15	15	15—20	10	20—30	10—20	30—40	20—30	20	10—20	40	20	30—40	20	schw.	35	40	20	15—25	70	80	60	70	60	60—70	35
Equisetum silvaticum ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E. palustre	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—
E. fluviatile	—	—	—	—	—	—	—	40	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
Sparganium simplex ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Scheuchzeria palustris ...	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	12	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hierochloë odorata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agrostis vulgaris	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. canina	—	10	—	15	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calamagrostis stricta ...	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C. phragmitoides	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	40	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—
Aera flexuosa	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—
A. caespitosa	—	15	10	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phragmites communis ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	100	—
Molinia coerulea	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	40
Eriophor. polystachyum	25	—	—	30	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—
E. latifolium	20	15	15	—	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35

| | | |

Arten	Braunmoore						Weissmoore										Bruchmoore					Reisermoore							
	Probefl. Nr.						Probefl. Nr.										Probefl. Nr.					Probefl. Nr.							
	46	47	48	56	75	98	2	3	4	5	6	28	29	31	78	84	13	16	19	69	73	1	7	8	9	12	54	63	97
	Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm						Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm										Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm					Die Lage d. Grundwasserfläche, in cm							
	20	15—20	15—20	15	15	15—20	10	20—30	10—20	30—40	20—30	20	10—20	40	20	30—40	20	schw.	35	40	20	15—25	70	80	60	70	60	60—70	35
O. incarnatus	—	—	—	5	—	10																							
O. Traunsteineri	—	—	—	—	—	10																							
Listera cordata	—	—	—	—	—	—											15												
Betula nana	—	—	—	—	—	—									15														
Polygonum viviparum	—	—	—	—	—	—						10																	
Caltha palustris	—	—	12	—	—	—													20	—	20								
Ranunculus acer	—	—	—	—	—	—						25																	
R. repens	—	—	—	—	—	—															15								
Drosera rotundifolia	—	—	—	—	—	—		5	—	5	—	—	—	5	—	—						3	—	4	—	10	—	—	
D. longifolia	—	—	—	3	—	—																							
Parnassia palustris	—	12	—	—	—	—																							
Ulmaria pentapetala	—	—	—	—	—	—						20																	
Rubus arcticus	—	—	—	—	—	—											10	—	—	25	—								
R. chamaemorus	—	—	—	—	—	—				20	—	—	—	—	—	50				50	—								
Comarum palustre	30	10	—	—	—	—		25	—	—	—	—	—	—	—	—													
Geranium silvaticum	—	—	—	—	—	—											15	—	—	—	—								
Empetrum nigrum	—	—	—	—	—	—			—	10	—	—	—	—	—	—						10	—	—	—	—	—	—	
Rhamnus frangula	—	—	—	—	—	—																						30	

| | | |

5. DIE REICHLICHKEIT DER WURZELSYSTEME IN VERSCHIEDENEN TIEFEN AUF VERSCHIEDENARTIGEN MOOREN.

Die Kenntnis der maximalen Tiefe der Wurzeln auf verschiedenen Moortypen oder in verschiedenartigem Torf gibt noch kein richtiges und genügendes Bild von der Ausdehnung des gesamten Wurzelsystems im Boden, da die meisten Moorpflanzen sowohl nahe an der Oberfläche verlaufende als tiefer in den Torf stossende Wurzeln besitzen. Um zu ermitteln, in welcher Tiefe die verschiedenen Moortypen am reichlichsten Wurzeln aufweisen und wie die im Torf befindlichen lebenden Wurzeln sich in bezug auf ihre Dichte auf die verschiedenen Tiefen verteilen, habe ich folgendes Verfahren angewandt:

In der Mitte einer bestimmten Probefläche, deren Pflanzendecke zuerst genau beschrieben wurde, machte ich mit einer sehr scharf geschliffenen Schaufel oder einem Messer einen viereckigen 20 × 20 cm grossen Schnitt. Der das Viereck umgebende Torf wurde dann mit der Schaufel oder dem Messer entfernt und die senkrechten Wände des Torfes 50—60 cm tief geschnitten, wonach das ganze Stück mit der Schaufel herausgehoben wurde. Diese sehr schweren Torfstücke wurden auf ein mitgebrachtes Brett gelegt und dann entweder nach meiner Wohnung getragen oder mit dem Boot dahin befördert, um untersucht zu werden. Die Stücke wurden, auf dem Brett liegend, mit dem Messer in 10 × 10 cm grosse Torfwürfel zerteilt und aus diesen dann wagerechte Schnitte in Tiefen von 5, 10, 20, 30, 40 und 50 cm Tiefe angefertigt. Die auf diese Weise erhaltenen $^1/_2$ und 1 dm^3 grossen Torfstücke wurden hierauf, jedes für sich, in ein grosses mit Wasser gefülltes Waschfass zum Aufweichen getan und mit den Fingern zerdrückt. Alsdann goss ich die aufgeweichte Torfmasse mit den darin enthaltenen Wurzelfasern durch ein feines Sieb, worunter sich ein leeres Gefäss befand, und setzte die Spülung fort, bis nur reines Wasser durch das Sieb floss. Die derart gereinigten Wurzeln und Rhizomstücke sowie die im Torf enthaltenen abgestorbenen Pflanzenteile kamen dann in ein Gefäss mit reinem Wasser, wonach die lebenden Wurzeln und Rhizomstücke mit den Fingern oder der Pinzette behufs näherer Untersuchung abgesondert wurden. Nach den makroskopisch und mikroskopisch ausgeführten Artbe-

stimmungen wurden alle aus einer bestimmten Tiefe erhaltenen lebenden Wurzelwerkteile zum Trocknen in Papiertüten gelegt und später mit einer genauen Apothekerwage gewogen.

Anfänglich war es meine Absicht, diese Tiefenuntersuchungen auf Probeflächen von zahlreichen verschiedenen Moortypen auszuführen, es erwies sich aber, dass die Arbeit dermassen viel Zeit in Anspruch nahm, dass ich die diesbezüglichen Untersuchungen auf 5 Probeflächen beschränken musste. Die untersuchten Probeflächen vertreten folgende Moortypen: eutraphentes Seggenweissmoor (Probefl. 3), *Equisetum silvaticum*-Bruchmoor (Probefl. 13), *Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor (Probefl. 5), braunmoorartiges Quellenweissmoor (Probefl. 28) und *Paludella*-Braunmoor (Probefl. 46). Wenn diese Untersuchungen auch nicht an zahlreicheren Probeflächen durchgeführt worden sind, dürften sie doch geeignet sein, die Reichlichkeitsverhältnisse der Wurzelsysteme in verschiedenen Tiefen auf den betreffenden Moortypen verhältnismässig gut zu beleuchten. Ich habe bei diesen Untersuchungen auch die Lage des Grundwassers auf der Probefläche berücksichtigt; desgleichen sind der pH-Wert, die Torfart und das Torfschema bestimmt worden.

Die Reichlichkeitsuntersuchungen auf den betreffenden Probeflächen haben folgende Resultate ergeben:

P r o b e f l. 3 (eutraphentes Seggenweissmoor, S. 30). Profil vom 22. VII. 1929. Ein 10×10 cm grosses Torfstück, T i e f e 0—5 c m: Wurzeln und Rhizomstücke von *Menyanthes trifoliata* cp, Ausläuferstücke und verzweigte Wurzeln von *Carex teretiuscula* cp, Wurzeln von *Comarum palustre* pc, Rhizomstücke und ein paar Wurzeln von *Equisetum fluviatile*, Rhizome und Wurzeln von *Oxycoccus paluster*, Wurzeln von *Carex chordorrhiza*, *C. irrigua* und *Drosera rotundifolia*. D a s G e s a m t t r o c k e n g e w i c h t a l l e r l e b e n d e n R h i z o m e u n d W u r z e l n beträgt 16.50 g.

I n 5—10 c m T i e f e: Rhizome und Wurzeln der gleichen Pflanzen mit Ausnahme von *Drosera*. Etwas reichlicher Rhizome und Wurzeln der obenerwähnten *Carex*-Arten und von *Comarum* und *Equisetum fluviatile* als in 0—5 cm Tiefe. G e s a m t t r o c k e n g e w i c h t a l l e r R h i z o m e u n d W u r z e l n ..... 19.85 g.

I n 10—20 c m T i e f e: Wurzeln von *Comarum* cpp, von *Menyanthes* cpp, Rhizomstücke und Wurzeln von *Carex juncella*, Wur-

zeln von *C. teretiuscula* und *C. irrigua*, Rhizomstücke nebst Wurzeln von *Equisetum*, abgestorbene Rhizome von *Oxycoccus paluster*. Gesamttrockengewicht der Rhizome und Wurzeln ..... 14.70 g.

In 20—30 cm Tiefe fanden sich am meisten *Menyanthes*-Wurzeln, ein Rhizomstück nebst Wurzeln von *Equisetum*, desgleichen *Carex*-Wurzeln st. cp. Ein wenig Holzreste. Gesamttrockengewicht der Rhizome und Wurzeln 7.75 g.

In 30—40 cm Tiefe viele Wurzeln von *Carex juncella*, feine Wurzeln von *Menyanthes* st. cp. und einige Stücke dickerer Wurzeln, das wagerechte Stück des Rhizoms mit dem nach oben gekrümmten Teil desselben nebst Wurzeln von *Equisetum*. Verhältnismässig reichlich Holzreste (Betula). Gesamttrockengewicht der Rhizome und Wurzeln ..... 6.25 g.

In 40—50 cm Tiefe *Menyanthes*- und *Carex juncella*-Wurzeln, abgestorbene *Equisetum*-Wurzeln. Gesamttrockengewicht ..... 1.95 g.

50—60 cm tief finden sich keine Wurzeln.

Probefl. 13 (*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor, S. 32). Profile 16. VIII. 1929.

Ein 10×10 cm grosses Torfstück, Tiefe 0—5 cm: 5 Rhizome nebst Wurzeln von *Trientalis europaea*, *Rubus arcticus*, *Carex canescens* (reichlich verzweigte Wurzeln), *Melampyrum pratense*, *Myrtillus nigra* (ein Rhizomstück nebst Wurzeln), *Coralliorrhiza innata* (1 Rhizom), *Betula alba* (1 Wurzelstück). Gesamttrockengewicht der lebenden Rhizome und Wurzeln ..... 2.40 g.

5—10 cm tief. *Carex canescens* cp, *Rubus arcticus*, *Myrtillus nigra* (einige Wurzelfasern), *Equisetum silvaticum*, *Trientalis europaea* pc. Gesamttrockengewicht der lebenden Rhizome und Wurzeln ..... 2.85 g.

10—20 cm tief reichlich *Carex canescens*-Wurzeln, *Myrtillus nigra* (1 Wurzelstück), sonst Wurzeln der gleichen Arten wie in der vorigen Tiefe. Gesamttrockengewicht der lebenden Rhizome und Wurzeln ..... 3.25 g.

20—30 cm tief ein wenig *Carex canescens*- und *Equisetum silvaticum*-Wurzeln. Gesamttrockengewicht .. 1.30 g.

30—40 cm tief finden sich keine lebenden Wurzeln.

Probefl. 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes*-Weissmoor, S. 30). Profil 27. VII. 29.

Ein aus der Mitte der Probefläche entnommenes 10×10 cm grosses Torfstück:

0—10 cm tief Rhizome und Wurzeln folgender Pflanzen: *Carex pauciflora, C. limosa, C. irrigua, C. chordorrhiza, Eriophorum vaginatum, Drosera rotundifolia, Menyanthes trifoliata, Equisetum fluviatile, Rubus chamaemorus, Empetrum nigrum, Ledum palustre, Vaccinium vitis idaea.* Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzelwerkteile ..... 4.40 g.

10—20 cm tief: abgestorbene und lebende Wurzeln von *Carex limosa, C. irrigua, C. pauciflora, Eriophorum vaginatum, Menyanthes trifoliata* (1 St. eines etwa 2 mm dicken Wurzelteils und feinere Wurzeln), *Equisetum fluviatile* st. cp, *Rubus chamaemorus* pc, *Vaccinium vitis idaea* pc, *Ledum palustre* (Rhizomstück und Wurzel). Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzelwerkteile ..... 5.50 g.

20—30 cm tief ziemlich reichlich Holzreste; *Menyanthes*-Wurzeln, *Eriophorum vaginatum* pc, *Carex limosa* (meistens abgestorbene Wurzeln), *Equisetum fluviatile* st. cp (Wurzeln), Gesamttrockengewicht der Wurzeln ..... 3.5 g.

30—40 cm tief: am meisten *Menyanthes*-Wurzeln, *Equisetum fluviatile* st. cp, *Eriophorum vaginatum* (ein paar Wurzeln). Gesamttrockengewicht der Wurzeln ..... 3.35 g.

40—50 cm tief Wurzeln von *Equisetum fluviatile* und *Menyanthes, Carex limosa* (1 Wurzelstück). Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzeln ..... 1.55 g.

50—60 cm tief finden sich keine Wurzeln.

Probefl. 28 (braunmoorartiges Quellenweissmoor, S. 36). Profile 6. VIII. 1929.

Ein 10×10 cm grosses, aus der Mitte der Probefläche entnommenes Torfstück:

0—5 cm tief: Rhizome und Wurzeln folgender Pflanzen: *Carex Goodenoughii; C. juncella, C. echinata, Aera caespitosa, Luzula multiflora, Polygonum viviparum.* Gesamttrockengewicht der Wurzelwerkteile ..... 7.10 g.

5—10 cm tief: Wurzeln der gleichen Pflanzen: Gesamttrockengewicht ..... 4.95 g.

10—20 cm tief: *Aera caespitosa, Carex Goodenoughii, C. juncella, C. echinata* (Wurzeln). Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzeln ..... 2.65 g.

20—30 cm tief: *Carex Goodenoughii* und *C. juncella*. Gesamttrockengewicht der Wurzeln ..... 0.90 g.

30—40 cm tief finden sich keine Wurzeln.

Probefl. 46 (*Paludella*-Braunmoor, S. 40). Profil 2. VII. 1929.

Ein 10×10 cm grosses Torfstück aus der Mitte der Probefläche.

0—5 cm tief: *Eriophorum polystachyum* (2 Rhizome nebst Wurzeln), *E. latifolium* pc, *Carex Goodenoughii* (6 Rhizome und reichlich feine, verzweigte Oberflächenwurzeln in horizontaler Lage), *C. dioeca* (mehrere Rhizome und Wurzelfasern), *Viola palustris* (20 Rhizomstücke mit ihren Wurzeln), *Polygonum viviparum* (30 Rhizome nebst Wurzeln), *Rubus arcticus* pc, *Drosera rotundifolia* (3 Rhizome). Gesamttrockengewicht sämtlicher Rhizomteile und Wurzeln ..... 7.15 g.

5—10 cm tief: *Eriophorum latifolium* (reichl. Wurzeln), *E. polystachyum* (viele Wurzeln), *Carex Goodenoughii* (cp, verzweigte Wurzeln und viele dicke Wurzelstücke), *C. Personii* (1 Wurzelwerk), *Comarum palustre* (cp, Rhizome und Wurzeln), *Rubus arcticus* (Rhizome und Wurzeln), *Equisetum palustre* (viele). Gesamttrokkengewicht aller Rhizomteile und Wurzeln ..... 25.60 g.

10—20 cm tief: *Eriophorum polystachyum* (ein paar vereinzelte Wurzeln), *E. latifolium* pc, *Carex Goodenoughii* (einige dicke Stücke Wurzeln I. Ordn.), *Comarum palustre*, *Equisetum palustre*. Verhältnismässig reichlich Holzreste. Viel abgestorbene Wurzeln. Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzelsystemteile ..... 4.80 g.

20—30 cm tief: am meisten Teile von dicken *Carex Goodenoughii*-Wurzeln I. Ordn., spärlich *Eriophorum polystachyum*- und *Comarum palustre*-Wurzeln und Rhizomteile und Wurzeln von *Equisetum palustre*. Reichlich abgestorbene Wurzeln und Holzreste. Gesamttrockengewicht der lebenden Wurzelsystemteile ..... 2.00 g.

30—40 cm tief: ein wenig *Carex Goodenoughii*-Wurzeln. Ei-

Tabelle Nr. 5. Die Verteilung des Wurzelsystems auf verschiedene Tiefe.

Profl. Nr.	Moortypus	Trockengewicht der lebendigen Wurzeln (in %) in einem 10×10 cm grossen Torfstück							Grundwasser-niveau cm	Torfart	pH in der Tiefe von 0, 1—0, 2 m
		0—5	5—10	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50			
		cm tief im Turfe									
3	Eutraphentes Seggenweissmoor ...	24.63	29.63	54.26	21.95	11.55	9.33	2.91	20—30	C-T	4.79
13	*Equisetum silvaticum*-Bruchmoor	24.49	29.08	53.57	33.17	13.26	—	—	20	Po-S-T	4.29
5	*Carex paucifl.-Menyanthes*-Weiss.	—	—	24.04	30.05	19.13	18.31	8.47	30—40	C-S-T	3.62
28	Quellenweissmoor (braunmoorart.)	45.51	31.73	77.24	16.99	5.77	–	—	10—20	C-A-T	5.90
46	*Paludella*-Braunmoor	17.96	64.31	82.27	12.06	5.02	0.35	0.30	20	A-C-T	5.50

nige abgestorbene Wurzeln und reichlich Holzreste. Gesamttrockengewicht der Wurzeln ..... 0.44 g.

40—50 cm tief: nur einige Wurzelstücke von *Carex Goodenoughii*, Trockengewicht derselben ..... 0.12 g.

50—60 cm tief finden sich keine Wurzeln in den untersuchten Torfproben.

Das Gewicht der Wurzelmasse der von Probeflächen verschiedener Moortypen genommenen Torfproben gleicher Grösse schwankt also erheblich.

Auf Braunmooren (Probefl. 46) und eutraphenten Weissmooren (Probefl. 3) findet man das reichlichste Wurzelsystem. Kurzhalmige Weissmoore (Probefl. 5) und *Equisetum silvaticum*-Bruchmoore (Probefl. 13) haben am wenigsten Wurzeln, wie schon nach dem Individuen- und Artenreichtum der Gefässpflanzen auf den die betreffenden Moortypen vertretenden Probeflächen zu schliessen ist.

Die Verteilung der Rhizome und Wurzeln auf verschiedene Tiefen des Torfes dieser, verschiedene Moortypen repräsentierenden Probeflächen, wird in der obenstehenden Tabelle Nr. 5 veranschaulicht, wo die Reichlichkeit der Wurzelwerksteile in % angegeben ist.

Aus der Tabelle erhellt, dass die Moorpflanzen nahe an der Oberfläche das reichste Wurzelsystem haben (horizontales Flächenwurzelsystem) und dass das Wurzelsystem sich mit der zunehmenden Tiefe des Torfes vermindert. Auf dem eutraphenten Seggenweissmoor (Probefl. 3; C-T) und dem *Equisetum silvaticum*-Bruchmoor (Probefl. 13; Po-S-T) finden sich mehr als die Hälfte der im Torf vorkommenden lebenden Wurzelsysteme in dem 0—10 cm dikken Oberflächentorf, auf dem braunmoorartigen Quellenweissmoor (Probefl. 28; C-A-T) wachsen mehr als $^3/_4$ aller lebenden Wurzeln in einer Tiefe von 0—10 cm und auf dem *Paludella*-Braunmoor (Probefl. 46: A-C-T) mehr als $^4/_5$ sämtlicher lebenden Wurzeln in einer Tiefe von 0—10 cm. Auf dem kurzhalmigen Weissmoor (Probefl. 5; C-S-T) kommen annähernd $^1/_4$ aller lebenden Wurzeln in einer Tiefe von 0—10 cm und mehr als $^1/_2$ sämtlicher lebenden Wurzeln in einer Tiefe von 0—20 cm vor.

Die Tabelle Nr. 5 zeigt auch, dass die Wurzeln merkbar zahlreicher oberhalb der Grundwasserfläche als im Grundwasser sind. Am deutlichsten geht dies aus folgender Tabelle hervor:

Tabelle Nr. 6. %-Zahl der lebenden Wurzeln.

Probefl. Nr.	Grundwasserstand cm	%-Zahl der lebenden Wurzeln	
		Oberhalb des Grunwassers	Unterhalb des Grunwassers
3	30	87.8	12.2
13	20	86.7	13.3
5	40	91.5	8.5
28	20	94.2	5.8
46	20	94.3	5.7

Auf den untersuchten Probeflächen befinden sich durchschnittlich 91 % aller lebenden Wurzeln oberhalb der Grundwasserfläche und 9 % derselben im Grundwasser.

VII. AUF DAS AUFTRETEN, DIE AUSDEHNUNG UND DIE FORMVERHÄLTNISSE DER WURZELSYSTEME EINWIRKENDE FAKTOREN.

1. DIE ALLGEMEINEN VORAUSSETZUNGEN FÜR EIN LEBENDES WURZELSYSTEME IM TORFE.

Ein wichtiger Faktor, der auf vielen Standorten die Wurzelsysteme hindert, tief in den Boden einzudringen und sich daselbst am Leben zu erhalten, ist der dort herrschende Säuremangel. In einem feinstrukturierten Mineralboden erfolgt der Luftwechsel langsam, und noch grösser sind die Schwierigkeiten in lehmgemischtem Sandboden, wo der kolloidale Lehm die Luft nur mit Mühe durchlässt. In grobkörnigem Sandboden findet die Säurezufuhr von oben erheblich leichter statt, desgleichen auch in losem und ein wenig humifiziertem Torfboden. In gut humifiziertem Torf und vor allem in Böden, die von stillstehendem, säurearmem oder säurefreiem Grundwasser durchströmt sind, ist die Säurezufuhr schwer. Je besser die Säurezufuhr von aussen erfolgt, um so besser erhält sich das Wurzelsystem am Leben. Das Leben der Wurzeln im Torf wird mithin von einer lockeren Torfschicht begünstigt und von einem humifizierteren Torfgrund gehindert oder erschwert. Wenn das Wurzelsystem der Pflanze ein gut entwickeltes Durchlüftungssystem hat, kann dieselbe auf Grund eines derartigen inneren Baues ihr Wurzelsystem auch in einem solchen Boden am Leben erhalten, wo die Säurezufuhr von aussen erschwert ist.

Die tiefer eindringenden Wurzelsysteme von auf Torfboden wachsenden Pflanzen sind dem Seitendruck des umgebenden Torfbodens ausgesetzt, und auch die Moorpflanzen mit untiefem Wurzelwerke müssen den Druck der lebenden, schwellenden *Sphagnum*-Decke

aushalten. Falls die in den Torf eindringenden oder in lebendem *Sphagnum* wachsenden Pflanzenteile kein peripheres mechanisches Gewebe entwickelt haben, können sie diesen Seitendruck nicht ertragen, sondern müssen früher oder später absterben. Je stärker also dieses mechanische Gewebe sich an der Oberfläche der Wurzelsystemteile einer gewissen Pflanzenart entwickelt hat, um so besser erhalten sich diese im Torfe am Leben.

Auch an die Dehnbarkeit und die Dehnungsfestigkeit stellt das Wachstum in Torfböden grosse Anforderungen. Wenn der Boden im Winter gefriert, vermindert sich das Torfvolumen, um im Frühling, wenn der Boden auftaut, wieder zuzunehmen. Die darin befindlichen Wurzeln erleiden infolgedessen eine recht kräftige Dehnung. Am besten behaupten sich dann diejenigen Arten, deren Rhizome und Wurzeln eine möglichst grosse Dehnbarkeit besitzen (vgl. S. 345).

2. EINFLUSS DES INNEREN BAUES DER WURZELSYSTEME AUF DEREN AUSDEHNUNG.

Oben (S. 357-359) habe ich die Moorpflanzen in verschiedene Gruppen eingeteilt je nach der Tiefe, in welche ihre am tiefsten in den Boden dringenden Wurzeln stossen.

Die tiefsten Wurzeln haben unter den Moorpflanzen folgende Arten (in Klammern ist die maximale Tiefe in Zentimetern angegeben):

Equisetum fluviatile (80)
Phragmites communis (100)
Eriophorum polyst. (80; gew. 25-30)
Carex rostrata (50)
C. Goodenoughii (60)
C. juncella (50)
Carex caespitosa (60)
C. globularis (50)
C. filiformis (75)
Calla palustris (70)
Menyanthes trifoliata (70)
Rubus chamaemorus (60)

Ziemlich tiefe Wurzeln haben auch folgende Arten:

Equisetum palustre (30)
E. silvaticum (30)
Nardus striacta (25)
Molinia coerulea (40)
Calamagrostis phragmitoides (40)
Eriophorum vaginatum (40)
E. latifolium (25; auf Braunm. (15)
Scirpus caespitosus (40)
Carex irrigua (40; auf Braunm. 15)
C. limosa (35—40)
C. sparsiflora (35-40)
C. echinata (30)
Carex canescens (40)
C. chordorrhiza (25)

C. pauciflora (25)
C. dioeca (40; auf Braunm. 5-10)
Juncus filiformis (40; gew. unt. 20)
Caltha palustris (25)
Ranunculus acer (25)
R. repens (25)
Ledum palustre (40; in N-S-T.)
Myrtill. nigra (35; » »)
Cirsium palustre (30)
Lysimachia thyrsiflora (30)

In der Innenrinde der Wurzeln oder Rhizome dieser mit tiefgehenden oder ziemlich tiefgehenden Wurzelsystemen versehenen Arten finden sich grosse Interzellularräume oder Lufthöhlen, die häufig einen grossen Teil des Gesamtvolumens der Innenrinde einnehmen (vgl. S. 331-332). (Ausnahmen bilden nur *Ledum palustre* und *Myrtillus nigra*.)

Weniger tief, höchstens 15 cm nach unten, treiben die Wurzeln u. a. folgender Moorpflanzen (vgl. S. 357-358):

Sparganium simplex (15)
Agrostis vulgaris (15)
A. canina (15)
Hierochloë odorata (5)
Eriophorum gracile (10)
E. callitrix (15)
Carex capillaris (5?)
C. Oederi (15)
C. heleonastes (15)
C. microstachya (15)
Rhynchospora alba (10)
Luzula multiflora (5)
L. sudetica (5)
Paris quadrifolius (10)
Majanthemum bifolium (15)
Listera ovata (15)
L. cordata (15)
Orchis incarnatus (10)
O. Traunsteineri (10)
Platanthera bifolia (10)
Cypripedilum calceolus (15)
Gymnadenia conopea (15)
Montia lamprosperma (5)
Drosera rotundifolia (5-10)
D. longifolia (5)
Parnassia palustris (10-15)
Parnassia palustris (10-15)
Geranium silvaticum (15)
Empetrum nigrum (10)
Viola palustris (10)
V. epipsila (10)
Geum rivale (mangelh. Beob.)
Epilobium palustre (15)
Angelica silvestris (15)
Pirola minor (15)
P. secunda (10)
P. rotundifolia (15)
Oxycoccus paluster (10-15)
O. microcarpus (10)
Myosotis palustris (10)
Prunella vulgaris (10)
Rhinanthus minor (10)
Melampyrum pratense (15)
M. silvaticum (5)
Pedicularis palustris (10)
P. scept. (mangelh. Beob.)
Pinguicula vulgaris (5)
Galium palustre (10)
G. uliginosum (10)
Solidago virgaurea (15)
Crepis paludosa (15)

Die meisten dieser Moorpflanzen mit untiefen Wurzelsystemen haben in der Innenrinde ihrer Wurzeln I. Ordn. ganz kleine oder gar keine Interzellularräume, und diejenigen, bei denen grössere Interzellularräume vorkommen (*Sparganium simplex*, *Eriophorum callitrix*, *E. gracile*, *Carex capillaris*, *C. Oederi*, *C. heleonastes*, *C. microstachya*, *Rhynchospora alba*, *Juncus stygius*, *Empetrum nigrum*, *Pedicularis palustris*, *P. sceptrum*, *Drosera sp.*, *Pinguicula vulgaris*), haben gewöhnlich kurze und viele von ihnen ausserdem schwachgebaute und spröde Wurzeln, die schon deshalb nicht tief eindringen können.

Da mein Untersuchungsmaterial hauptsächlich nur Moorpflanzen umfasst, von denen sehr wenige auch auf festerem Mineralboden oder sand- oder lehmhaltigen Torfböden wachsen, kann ich bloss eine sehr begrenzte Anzahl Beispiele der im inneren Bau der Wurzelsysteme zwischen den Moor- und den Mineralbodenindividuen einer bestimmten Art bestehenden Übereinstimmungen und Unterschiede anführen. Die von mir sowohl auf Torfboden als auf Mineralboden in bezug auf die Wurzelsysteme untersuchten Arten sind: *Molinia coerulea*, *Phragmites communis*, *Juncus filiformis*, *Ranunculus acer*, *R. repens*, *Ulmaria pentapetala*, *Rubus arcticus*, *Trientalis europaea*, *Angelica silvestris*, *Pirola minor* und *Parnassia palustris*. Ferner habe ich die den Bau und die Ausdehung der Wurzelsysteme folgender auf härterem sand- oder humusgemischtem Boden wachsenden Arten untersucht: *Geranium silvaticum*, *Cornus suecica*, *Pirola secunda* und *Solidago virgaurea*.

In betreff *Molinia coerulea* sind die Veränderungen im Bau der Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. und überhaupt im Bau der Wurzel auf den verschiedenen Wuchsflächen nicht gross. Der Bau der Wurzel ist hygrophyt, unabhängig vom Standort. In Sandboden (Probefl. 107) und auf Steingrund (Probefl. 82, 83) wachsende Individuen weisen aber in der Innenrinde ihrer Wurzeln meistens kleine, 3—4-eckige Interzellularräume auf und besitzen häufig bloss einige grössere, unregelmässig oder beinahe radiär verlaufende Interzellularen. Bei in Torfboden (z. B. Probefl. 31, 97) wachsenden Individuen finden sich in der Innenrinde wenigstens der älteren Wurzeln I. Ordn. reichlicher grosse radiäre Lufthöhlen. Die Tiefe der Wurzeln

auf der Probefl. 107 beträgt 20—25 cm, auf den Probefl. 82 und 83 2—5 cm und auf den Probefl. 31 und 97 30—40 cm. Auf sämtlichen Wuchsflächen hat die Aussenrinde der Wurzeln ein ungemein starkes peripheres mechanisches Gewebe, und auch in der Mitte des Zentralzylinders findet man dickwandige Zellen. Wenn *Phragmites communis* auf Sandboden wächst (Probefl. 101), weist die Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. ein wenig kleinere Lufthöhlen auf, als wenn die Pflanze auf Torfboden vorkommt (Probefl. 63), wo grosse radiäre Lufthöhlen, je 14—17 in einer Reihe, beinahe die ganze Innenrinde ausfüllen. An verschiedenen Standorten wachsende Wurzeln I. Ordn. haben an der Aussenrinde ein von mehreren Zellschichten gebildetes mechanisches Gewebe, und auch die Haut der Markzellen des Zentralzylinders ist verdickt. Die hohlen Internodien der Rhizome sind bei Torfbodenindividuen länger als bei Individuen, die sandigen und steinigen Flussböden entstammen. Die Tiefe der Wurzeln auf Torfboden (Probefl. 54 u. 63) beträgt 70—100 cm, auf Sandboden (Probefl. 101) 10—15 cm. — Die Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. von *Juncus filiformis* hat sowohl in Torfboden (Probefl. 35 u. 61) als auf Sandboden (Probefl. 81) grosse radiäre Lufthöhlen (8—10 St.). Ausserdem besitzt die Innenrinde des Rhizoms 15—16 Lufthöhlen, unabhängig vom Standort. In rasch wachsendem Moos befindliche Individuen haben ein längeres, mit längeren Stengelgliedern versehenes Rhizom als die auf festerem Boden wachsenden. In der Innenrinde der Wurzeln I. Ordn. von *Ranunculus acer* und *R. repens* sind die Interzellularräume merkbar grösser bei Individuen in feuchtem Torfboden (Probefl. 28) als bei solchen, die an einer trockenen Stelle (Probefl. 73) wachsen. Auf jener Probefläche betrug die Tiefe der Wurzeln 20—25 cm, auf dieser 15 cm.

Bei folgenden Arten habe ich keine Unterschiede im Bau der Wurzeln auf verschiedenen Wuchsflächen beobachtet:

Parnassia palustris, in Mineralboden (Probefl. 83) und Torfboden (Probefl. 51). Die Wurzeln reichen aber auf der letzterwähnten Probefläche tiefer hinunter. *Pirola minor*, in Torfboden (Probefl. 2, 6) und in sandgemischtem Waldtorf (Probefl. 42). In der Innenrinde der Wurzeln finden sich keine Interzellularräume. Tiefe der Wurzeln im Torfboden 10—15 cm, im Waldtorf 5—10 cm. *Ulmaria pentapetala*. In ihren Wurzeln I. Ordn. sieht man kleine Interzellularräume sowohl in sandhaltigem Wiesentorf (Probefl. 100) als in

feuchtem (B_4) C-A-Torf (Probefl. 28). Die Wurzeln von *Angelica silvestris* haben ebenfalls kleine Interzellularräume sowohl in trockenem sandhaltigem Torf (Probefl. 15) als in feuchterem Po-Torf (Probefl. 50). Die Wurzeln stossen auf beiden Probeflächen 10—15 cm tief. Bei *Trientalis europaea* sind die Interzellularräume der Innenrinde sowohl bei den Torf- als den Mineraltorfindividuen klein.

Aus den oben vorgelegten Beobachtungen ist mithin hervorgegangen, dass nur diejenigen Moorpflanzen, deren Wurzeln oder Rhizome in ihrer Rinde grosse luftführende Interzellularräume oder Lufthöhlen aufweisen, ihr Wurzelsystem tiefer in den Torf einsenden können, während sich die Wurzelsysteme mit kleinen Interzellularen nur in den oberen Torfschichten entwickeln.

Bei den meisten Moorpflanzen mit tiefen Wurzelsystemen findet man in der Innenrinde der Rhizome und Wurzeln mehrere dickwandige Zellschichten (2—8), häufig verholzte oder verkorkte Zellen, die eine starke periphere Scheide bilden. Diese periphere Scheide schützt die Wurzeln gegen den vom Torf ausgeübten Seitendruck, und nach Osvald (1918, S. 100) schützt die starke Verkorkung der Aussenrinde die in das Grundwasser reichenden Wurzeln »mot impregnering med det sura grundvattnet». Eine solche stark entwickelte Aussenrinde findet sich z. B. bei den älteren, tief eindringenden Wurzeln I. Ordn. von *Phragmites communis*, *Eriophorum vaginatum*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex*-Type (z. B. *C. irrigua*, *C. limosa*, *C. Goodenoughii*, *C. caespitosa*, *C. filiformis*), *Juncus filiformis* und *Molinia coerulea*.

Das allgemeine Vorkommen von *Eriophorum vaginatum* auf *Sphagnum fuscum*-Bülten findet seine Erklärung in dem peripheren mechanischen Gewebe, das hier besser entwickelt ist als bei anderen *Eriophorum*-Arten.

3. DIE AUSDEHNUNG UND DAS VORKOMMEN DER WURZELSYSTEME IM VERHÄLTNIS ZU DEN EXOGENEN FAKTOREN.

A. DIE BEZIEHUNG DER TIEFE DER WURZELSYSTEME UND DER ZUSAMMENSETZUNG DER PFLANZENDECKE ZUR GRUNDWASSERHÖHE.

Aus der Tabelle Nr. 4 (vgl. S. 0) geht hervor, dass man die maximale Tiefe der Wurzelsysteme verschiedener Moorpflanzenarten in den meisten Fällen an solchen Stellen findet, wo die Grundwasserfläche tief steht.

So trifft man z. B. lebende Wurzelsysteme von *Equisetum fluviatile* in einer Tiefe von 40—50 cm an solchen Stellen, wo der Grundwasserspiegel 20—40 cm tief steht, und in einer Tiefe von 80 cm an Stellen, wo der Grundwasserspiegel sich 70 cm unter der Mooroberfläche befindet. Die dicken, spärlich verzweigten Wurzeln I. Ordn. von *Carex Goodenoughii* und *C. juncella* gehen tief und werden in bezug auf ihr Tiefenwachstum vom Grundwasserspiegel nicht beeinflusst. Die Wurzeln von *Carex canescens* treiben bis zu 15 cm Tiefe bei einer Grundwasserfläche von 15—25 cm Tiefe und bis zu 20—30 cm Tiefe bei einer Grundwasserfläche von 20—30 cm Tiefe. Die Wurzeln von *Carex limosa* reichen bis zu 20 cm Tiefe, wenn der Grundwasserspiegel 10—25 cm, und bis zu 45 cm Tiefe, wenn der Grundwasserspiegel 30—40 cm tief steht. Die maximale Tiefe der *Carex rostrata*-Wurzeln beträgt 20 cm, wenn der Grundwasserspiegel 10 cm, und 30 cm wenn derselbe 10—20 cm unter der Oberfläche liegt. Die Wurzeln von *Carex filiformis* stossen 10—15 cm in den Boden an Stellen, wo die Grundwasserfläche 10—20 cm, und 40—75 cm an Stellen, wo dieselbe 70—80 cm unterhalb der Mooroberfläche liegt. Die Wurzeln von *Carex dioeca* wachsen bis zu 10 cm Tiefe bei einem Grundwasserspiegel, der 15—20 cm, und bis zu 30—40 cm Tiefe bei einem Grundwasserspiegel, der 60—70 cm tief steht. Wurzeln von *Rubus arcticus* finden sich in einer Tiefe von 10 cm, wenn der Grundwasserspiegel 20 cm, und in einer Tiefe von 25 cm, wenn der Grundwasserspiegel 70 cm tief steht. Die Wurzeln von *Rubus chamaemorus* reichen bis zu 20 cm Tiefe bei einer Grundwasserfläche

von 30 cm und bis zu 50 cm Tiefe bei einer Grundwasserfläche von 40 cm unter der Mooroberfläche. *Ledum palustre* stösst seine Wurzeln 20 cm tief hinunter, wenn der Grundwasserspiegel 30—40 cm, und 35 cm, wenn derselbe 70 cm tief steht. Die Wurzeln von *Andromeda polifolia* reichen 15 cm tief hinunter bei einem Grundwasserspiegel, der 10 cm, und 30 cm bei einem Grundwasserspiegel, der 60 cm tief steht. *Myrtillus nigra* entsendet ihre Wurzeln in eine Tiefe von 15—20 cm, wenn die Grundwasserfläche 15—20 cm, und in eine Tiefe von 40 cm, wenn dieselbe 80 cm tief steht. Die Wurzeln von *Oxycoccus paluster* dringen 5 cm hinunter, wenn der Grundwasserspiegel 15 cm tief steht, und 15 cm, wenn derselbe sich 60 cm unter der Oberfläche befindet. Die Wurzeln von *Menyanthes trifoliata* reichen bis zu 20 cm Tiefe bei einem Grundwasserspiegel von 10—20 cm und bis zu 60—70 cm Tiefe bei einem Grundwasserspiegel von 60—70 cm unter der Mooroberfläche. *Galium palustre* stösst seine Wurzeln 5 cm tief in den Boden, wenn die Grundwasserfläche 15 cm, und 10 cm, wenn dieselbe 35 cm tief steht.

Die erwähnten Beispiele zeigen, dass die Tiefe der Wurzeln von der Lage der Grundwasserfläche abhängig ist, indem die Wurzeln bei einem tiefer stehenden Grundwasserspiegel tiefer dringen und umgekehrt bei einem höher gelegenen in höheren Schichten auftreten.

Ich habe die durchschnittliche Höhe des Grundwassers und die Mittelwerte der maximalen Tiefe der Wurzeln auf den in der Tabelle Nr. 4 erwähnten Reisermooren (Probefl. 1, 7, 8, 9, 12, 54, 63 u. 97), Bruchmooren (Probefl. 13, 16, 19, 69 u. 73), Weissmooren (Probefl. 2, 3, 4, 5, 28, 29, 31, 78 u. 84) und Braunmooren (Probefl. 46, 47, 48, 56, 75 u. 98) berechnet. Das Resultat ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle Nr. 7. Mittelwerte der maximalen Wurzeltiefe und der Grundwasserhöhe.

Moortyp	Mittelwert der Grundwasserhöhe, cm	Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe, cm
Reisermoore	57.5	37.6
Bruchmoore	28.8	22.0
Weissmoore	24.0	19.2
Braunmoore	17.1	13.5

Aus der Tabelle geht deutlich hervor, dass, je tiefer der Grundwasserspiegel liegt, um so tiefer hinunter im Durchschnitt die Wurzelsysteme sämtlicher Pflanzen eindringen, und je höher die Grundwasserfläche gelegen ist, um so untiefer die Wurzelsysteme der Pflanzen sind.

Da der Grundwasserspiegel auf Braunmooren höher steht als auf anderen Moortypen, entwickeln sich die Wurzelsysteme auf Braunmooren in höheren Schichten als auf anderen Moortypen, und da das Grundwasser auf Reisermooren tiefer liegt als auf anderen Moortypen, dringen die Wurzelsysteme auf Reisermooren tiefer hinunter als auf anderen Moortypen.

Oben (VI. S. 370) sind die Pflanzenarten, deren Wurzelsysteme in sauerstoffreies Grundwasser (Gruppe A) eindringen können, die Arten, deren Wurzeln mitunter bis zum Grundwasserspiegel (Gruppe B) (S. 371) reichen, und die Arten, deren Wurzeln nicht bis zur Grundwasserfläche wachsen (Gruppe C) (S. 371), aufgezählt worden.

Bei den zur Gruppe A gehörenden Pflanzen besitzen die Rhizome oder die Innenrinde der tief hinunterreichenden Wurzeln I. Ordn. ein gut entwickeltes Aerenchym. (Eine Ausnahme bildet bloss *Andromeda polifolia*.) Mit Hilfe dieses Aerenchyms sind die Wurzelsysteme jener tiefbewurzelten Pflanzen imstande, den für ihre Atmung unentbehrlichen atmosphärischen Sauerstoff zu erhalten.

Auch bei den meisten Pflanzen der Gruppe B (die ihre Wurzeln bis zum Grundwasserspiegel zu senden vermögen) haben die tiefer hinunterreichenden Wurzeln ausgebildete Lufthöhlen (vgl. S. 331). An der Grundwasserfläche herrscht auch noch kein völliger Sauerstoffmangel auf allen Moortypen, wie z. B. Hesselman (1910, S. 100) nachgewiesen hat, und daher dürften solche Pflanzen (*Agrostis canina*, *Ulmaria pentapetala*, *Myrtillus nigra*, *M. uliginosa*, *Cassandra calyculata*, *Pirola minor*), deren innerer Bau ganz kleine oder gar keine Interzellularräume aufweist, genügend Sauerstoff von der Grundwasserfläche

oder aus dem Oberflächenwasser erhalten, in das sich der grösste Teil ihrer Wurzeln erstreckt.

In den Wurzeln oder der Innenrinde der Rhizome der meisten zur Gruppe C gehörenden Pflanzen (deren Wurzeln nicht bis zum Grundwasserspiegel reichen) fehlen die Interzellularräume oder ist das Aerenchym wenigstens schwach entwickelt.

Die verschiedene Fähigkeit der Wurzelsysteme, sich bis zum Grundwasser zu erstrekken oder sich im Grundwasser am Leben zu erhalten, beruht mithin auf der Entwicklung ihrer Innenrinde, indem Wurzelsysteme mit grossen Interzellularräumen tiefer in das Grundwasser, solche mit kleinen Interzellularen aber höchsten bis zum Grundwasserspiegel einzudringen vermögen. Das Vorkommen grosser Luftkanäle in der Innenrinde der Wurzeln oder das Vorkommen von Internodienhohlräumen im Rhizom der Arten, deren Wurzeln in sauerstoffreies Grundwasser hineinreichen können (z. B. *Eriophorum*-sp., viele *Carex*-sp., *Equisetum*-sp. *Phragmites*, *Molinia*, *Calla palustris*, *Menyanthes trifoliata*), haben von früheren Forschern z. B. Hesselman (1910, S. 110), Osvald (1918, S. 108) und Kotilainen (1927, S. 80) beobachtet.

Kotilainen (1927, S. 148 u. 161) hat in seinen Mooruntersuchungen die Bedeutung verschiedener Standortsfaktoren für die Zusammensetzung der Moorpflanzendecke beleuchtet, wobei er auch der Bedeutung des Wassers besondere Aufmerksamkeit widmet. Er hebt ausdrücklich hervor (S. 160), dass ein Standortsfaktor allein die Pflanzenzusammensetzung nicht bestimmt, sondern dass alle Faktoren zusammenwirken, so »dass die Standortswahl das Ergebnis eines Kompromisses zwischen verschiedenen Faktoren ist». Nach Kotilainen (l. c., S. 157—158) haben wir im Sauerstoffgehalt eine der wichtigsten Arteigenschaften des Bodenwassers, die die Beschaffenheit der Pflanzendecke auf der Mooroberfläche am häufigsten bestimmt, vor uns. »Der Sauerstoffmangel des Bodenwassers ist gerade der Faktor, der, wenn ir-

gendeiner, die Standortsverteilung vieler Moorpflanzen bestimmt.»

Die Grundwasserhöhe ist mithin nicht nur der wichtigste Faktor, der die Tiefe des Wurzelsystems der verschiedenen Moorpflanzenarten regelt, sondern sie bestimmt auch als wichtiger Faktor die Zusammensetzung der Pflanzendecke auf den verschiedenen Moortypen. Mehrere der oben vorgelegten Probeflächenbeschreibungen (vgl. S. 391) zeigen, dass die verschiedene Lage der Grundwasserfläche ein wichtiger, die Zusammensetzung der Pflanzendecke bestimmender Faktor ist. Auf der Probefläche 2 z. B. (eutraphentes Grossseggenweissmoor (vgl. S. 30), wo die Grundwasserfläche 0.10 cm tief steht, dominieren unter den Gefässpflanzen folgende tiefbewurzelte Arten: *Carex echinata*, *C. limosa*, *C. filiformis*, *C. canescens*, *Eriophorum polystachyum*, *Menyanthes trifoliata*. Ausserdem treten auf jener Probefläche folgende Arten auf: *Eriophorum gracile*, *Agrostis canina*, *Drosera longifolia*, *Equisetum fluviatile*, *Utricularia vulgaris*, *Pirola minor*, *Scheuchzeria palustris*, *Oxycoccus microcarpus* und *Andromeda polifolia*. Diejenigen dieser Arten, deren Wurzelsysteme keine entwickelten Aerenchyme besitzen (*Pirola*, *Oxycoccus*, *Andromeda*), haben untief verlaufende Wurzeln und können ihren Sauerstoffbedarf aus dem sauerstoffreichen Oberflächenwasser dekken, während das reichliche Vorkommen der zur Gruppe A gehörenden Pflanzen durch die Entwicklung des Aerenchyms ihrer Wurzelsysteme zu erklären ist. Auf der Probefläche 5 (*Carex pauciflora-Menyanthes trifoliata*-Weissmoor; vgl. S. 30), wo die Grundwasserfläche 0.3—0.4 m tief steht, gedeihen schon mehrere Reiser, z. B *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis idaea*, *Cassandra calyculata*, und ausserdem viele Pflanzen mit tiefen Wurzeln, z. B. *Equisetum fluviatile*, *Carex limosa*, *C. irrigua*, *Rubus chamaemorus* u. a. m. Noch bemerkenswerter ist das dominierende Auftreten der Reiser auf den Probeflächen 8 (*Cassandra*-Moor) und 12 (*Cassandra*-Moor, *Sphagnum fuscum*-Bülte; vgl. S. 31 u. 32), wo der Grundwasserspiegel 0.7—0.8 m unter der Bültenoberfläche liegt.

Die angeführten Beispiele zeigen, dass Pflanzen mit tiefen Wurzeln auf Grund des speziellen inneren Baues ihres Wurzelsystems sowohl auf Bülten als in Schlenken, unabhängig von der verschiede-

nen Grundwasserhöhe, auftreten können. Den Moorreisern und vielen Pflanzen mit kurzen Wurzeln ist hinwieder eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes des Grundwassers oder ein völliger Sauerstoffmangel in den Schlenken, wenn die Grundwasserfläche dort hoch steht, sehr schädlich, und sie streben daher immer nach den höheren Bülten, wo das Grundwasser, von der Oberfläche derselben gerechnet, tiefer unten liegt, und wo die Durchlüftung besser ist als in den vom Grundwasser heimgesuchten Schlenken.

Osvald (1918, S. 92, 100) hat ebenfalls festgestellt, dass das Grundwasser meistens das tiefere Eindringen der Wurzeln in den Moorboden hindert und dass ein steigendes Grundwasser die Wurzeln nach oben presst. Kokkonen (1920, S. 13) bemerkt, dass diejenigen Wurzeln der Moorkiefer, die in das Grundwasser hineingelangen, absterben, und auch, dass (S. 18) die Wurzeln der Moorkiefern den Drang zeigen, entgegen der Stromrichtung des Grundwassers zu wachsen, um soviel nährstoffreiches Wasser wie möglich zu erhalten. Multamäki (1923, S. 97) hat auch beobachtet, dass die Spitzen der Wurzelzweige bei der Moorkiefer in sauerstoffarmem Wasser sich nach oben krümmen und dass die Wurzeln auf diese Weise imstande sind, solche Stellen, wo Sauerstoffmangel herrscht, aerotropisch zu vermeiden. Ein Wachstum der Wurzeln entgegen der Stromrichtung des Grundwassers habe ich bei *Orchis incarnatus* und *O. Traunsteineri* auf der Probefläche 98 (vgl. S. 98) beobachtet.

B. DAS VERHÄLTNIS DER TIEFE ZU DER PFLANZENZUSAMMENSETZUNG UND DER HUMINOSITÄT DER TORFART.

Die S. 366 vorgelegten Angaben über die Tiefe der Wurzelsysteme stellen Mittelwerte der maximalen Tiefe in verschiedenen Torfarten dar, die in bezug auf die Wurzelsysteme der untersuchten Pflanzen ausgerechnet worden sind. Diese Maximalwerte betragen in A-C-Torf 10.70 cm, in C-Torf 11.17 cm, in S-C-Torf 17.60 cm, in C-S-Torf 18.03 cm und in N-S-Torf 28.50 cm. Diese Ziffern sind n i c h t so zu verstehen, als ob das Wurzelsystem einer bestimmten Pflanzenart in A-C-Torf unbedingt immer weniger tief eindringen würde als in anderen Torfarten, aber sie zeigen doch, dass auf Braunmooren, also in eutrophem A-C-Torf, gewöhnlich Pflanzen mit weniger tief

eindringendem Wurzelsystem als auf anderen Torfböden auftreten. Diese Tatsache in betreff des A-C- und des C-Torfes ist darauf zurückzuführen, dass die Grundwasserfläche auf Braunmooren (A-C-Torf) (vgl. S. 372-375, Tab. Nr. 4) im allgemeinen höher liegt als auf Bruch- und Reisermooren, deren Torfboden häufig aus rohem S-Torf (N-S-T, Po-T, C-S-T) besteht, und dass der A-C-Torf humifizierter und nährstoffreicher (Oberflächenwasser) als z. B. roher S-Torf ist. Das häufig tiefere Eindringen der Wurzeln in S-reichen Torf ist auch teilweise dadurch zu erklären, dass es wenigstens den schwachgebauten Wurzeln leichter ist, in losen Torf als in der Struktur nach festeren A-C- oder S-C-Torf einzudringen; der mechanische Widerstand ist in Torf von loserer Struktur erheblich geringer als in festem humifiziertem Torf. Bei einem kräftig gebauten Wurzelsystem dürfte die Festigkeit oder Lockerheit des Torfes auf die Tiefenausdehnung der Wurzeln keinen Einfluss ausüben.

Wenn der wirkliche Standboden einer Pflanze aus eutrophem A-C- oder C-Torf besteht, auf dem sich aber im Laufe der progressiven Moorentwicklung ein roher, wenig humifizierter S-Torf gebildet hat, so kann das Wurzelsystem sich tiefer unten am Leben erhalten, als wenn es in durch und durch humifiziertem A-C-Torf wächst, und zwar unter der Bedingung, dass der innere Bau des Wurzelsystems für die als Relikt auf einem solchen Standort wachsende Pflanze zweckmässig ist, d. h. dass das Rhizom oder die Wurzeln ein Aerenchym besitzen, das den atmosphärischen Sauerstoff nach den tiefer im Torf steckenden Pflanzenteilen leiten kann. (Vgl. *Eriophorum latifolium*, *Phragmites communis*, *Scirpus caespitosus* u. a., S. 331-332).

Die Pflanzenzusammensetzung des Torfes dürfte als alleiniger Faktor im allgemeinen keine grosse Bedeutung für die Tiefenausdehnung der Wurzelsysteme der einzelnen Arten besitzen. Dies geht beispielsweise daraus hervor, dass die Ausdehnung der Wurzelsysteme auch bei derselben Pflanzenart in einem Torf von bestimmter Art schwanken kann, namentlich in S-Torf (C-S-T), und dass die Ausdehnung der Wurzelsysteme ver-

schiedener Arten auf derselben Wuchsfläche auch grosse Unterschiede aufweisen kann.

In folgenden Fällen scheint z. B. die maximale Tiefe der Wurzelsysteme bei verschiedenen Arten auf einem bestimmten Torfboden merkbar zu schwanken:

Eriophorum polystachyum, A-C-T; die Tiefe schwankt zwischen 10—30 cm (auf den Probefl. 59, 76 beträgt sie 10 cm, auf den Probefl. 46, 56 30 cm).
E. vaginatum, C-S-T; die Tiefe schwankt zwischen 25—40 cm (auf der Probefl. 94 ist sie 25 cm und auf der Probefl. 5 u. 40 40 cm).
Carex filiformis, N-S-T; die Tiefe schwankt zwischen 50—75 cm (auf den Probefl. 7 u. 8 beträgt sie 50 cm, auf der Probefl. 12 75 cm).
C. irrigua, C-S-T; die Tiefe schwankt zwischen 15—35 cm (auf den Probefl. 5, 19 u. 33 ist sie 15—20 cm, auf der Probefl. 96 35 cm).
C. limosa, C-S-T; die Tiefe schwankt zwischen 15—45 cm (auf den Probefl. 29, 32, 35 u. 94 ist sie 15—20 cm, auf den Probefl. 5 u. 95 35—45 cm).
Calla palustris, C-S-T; die maximale Tiefe schwankt zwischen 30—60 cm.
Comarum palustre, A-C-T; die Tiefe schwankt zwischen 10—30 cm (auf den Probefl. 47 u. 51 beträgt sie 10 cm, auf der Probefl. 46 30 cm).
Menyanthes trifoliata, C-S-T; die Tiefe schwankt zwischen 20—50 cm (auf den Probefl. 20 u. 94 beträgt sie 20—30 cm, auf der Probefl. 5 50 cm).

In erster Linie sind diese Differenzen von der verschiedenen Höhe der Grundwasserfläche auf den Probeflächen abhängig.

Die Abweichungen in der Tiefenausdehnung der Wurzelsysteme verschiedener Arten auf derselben Wuchsfläche gehen z. B. aus den in der Tabelle Nr. 4, S. 372-375 vorgelegten Angaben hervor.

Es gibt aber auch solche Arten, deren Wurzelsysteme in bezug auf ihre Tiefenausdehnung einigermassen konstante Unterschiede je nach der Pflanzenzusammensetzung in den verschiedenen Torfböden aufweisen. Dies trifft z. B. für folgende Pflanzen zu:

Molinia coerulea, maximale Tiefe der Wurzeln in *Paludella*-Torf (Probefl. 45) 15 cm und in S-Torf (Probefl. 31, 97) 30—40 cm.
Scirpus caespitosus, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-Torf (Probefl. 56) 10 cm und in S-Torf (Probefl. 88, 89) 30—40 cm.
Carex filiformis, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-Torf (Probefl. 56) 15 cm und in S-T (Probefl. 12) 75 cm.

C. irrigua, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-Torf (Probefl. 52, 75) 10—15 cm und in S-T. (Probefl. 93) 35 cm.
C. canescens, maximale Tiefe in A-C-T (Probefl. 27) 20 cm und in S-T (Probefl. 20) 40 cm.
C. pauciflora, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-T (Probefl. 58) 5 cm und in S-T (Probefl. 1) 25 cm.
C. dioeca, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-T (Probefl. 45, 46, 48, 59) 10 cm und in S-T (Probefl. 12) 40 cm.
Orchis maculatus, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-T (Probefl. 75) 5 cm und in S-T (Probefl. 87) 25 cm.
Rubus arcticus, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-T (Probefl. 46) 10 cm und in S-T (Probefl. 69) 25 cm.
Menyanthes trifoliata, maximale Tiefe der Wurzeln in A-C-T (Probefl. 45, 58) 20—30 cm und in S-T (Probefl. 8, 9, 12) 60—70 cm.

Diese Unterschiede dürften indes nicht im wesentlichen auf die verschiedene Pflanzenzusammensetzung der Torfart, sondern vor allem auf die verschiedene Höhe der Grundwasserfläche und auch auf die verschiedene Humifizierung im S- und A-C-Torf zurückzuführen sein.

Die von der Pflanzenzusammensetzung einer gewissen Torfart herrührende bestimmte chemische Zusammensetzung dürfte aber doch als ein, wiewohl weniger wichtiger Wachstumsfaktor in Betracht gezogen werden müssen. Der am stärksten humifizierte Braunmoortorf (eutropher Torf) ist im allgemeinen nährstoffreicher als roher S-Torf (N-S-T oder Po-S-T), weshalb die Wurzelsysteme der in eutrophem Braunmoortorf wachsenden Pflanzen auch nicht tiefer in den Torf einzudringen brauchen, sondern sich nahe an der Oberfläche reich verzweigen. In lockerem und wenig humifiziertem S-Torf (auf Reisermooren, Bülten und Bruchmooren), wo wenig Nährstoffe im Oberflächenwasser vorhanden sind, haben die Wurzelsysteme den Drang, möglichst in die Länge zu wachsen und tief nach unten einzudringen, um sich dadurch Nährsalze von einem so grossen Areal wie möglich zu verschaffen. Die in A-C-Torf vorkommenden Wurzeln sind im allgemeinen dichter und reichlicher verzweigt als in magerem und lockerem S-reichem Torf.

Aus den S. 362-366 angeführten Mitteilungen ist auch zu ersehen, dass einige Moorpflanzenarten ihr Wurzelsystem ungefähr gleich tief einsenden, von wel-

cher Art der Torf auch sein mag. Zu solchen Arten gehören u. a.: *Eriophorum polystachyum*, bei welchem der Mittelwert der maximalen Tiefe auf Probeflächen, deren Torfboden aus S-Torf besteht, 13.5 cm, und auf Probeflächen, wo A-C-Torf den Boden bildet, 16 cm ausmacht, *Carex echinata*, deren entsprechende Zahlen 15 bzw. 12.5 cm betragen, *Drosera longifolia*, die die Werte 2.5 bzw. 2 cm aufweist, *Comarum palustre* mit den Mittelwerten 12.5 bzw. 13.5 cm, *Viola palustris* mit 7.5 und 6.25 cm, *Oxycoccus microcarpus* mit 4.5 bzw. 3.5 cm, *Galium palustre* mit 4 bzw. 4 cm als Mittelwert und *Carex Goodenoughii*, die in S-C-Torf einen Mittelwert von 45 cm und in A-C-Torf von 41.88 cm beobachten lässt.

Tief eindringende Wurzelsysteme, unabhängig von der Torfart, haben folgende Moorpflanzen: *Equisetum fluviatile*, *E. palustre* (*E. silvaticum*), *Phragmites communis*, *Carex rostrata*, *C. globularis*, *C. caespitosa*, *C. Goodenoughii*, *C. juncella*, *Calla palustris*, *Rubus chamaemorus*. Bei allen diesen Arten besitzt das Wurzelsystem ein gut entwickeltes Aerenchym, wodurch es den Wurzeln möglich wird, sich tief im Torfe am Leben zu erhalten.

Eriophorum latifolium, *Carex dioeca*, *C. heleonastes* (in Kainuu), *Scirpus caespitosus* haben, in eutrophem Torf wachsend, im allgemeinen untief eindringende Wurzeln. Die grössere Tiefenausdehnung von *Eriophorum latifolium* und *Carex dioeca* auf den Probeflächen 50, 97, und 9, 12 ist z. B. dadurch zu erklären, dass ihr eigentlicher Standboden der unter dem Po-Torf oder S-Torf befindliche A-C-Torf ist, wo die Pflanzen sich als »Relikte» haben behaupten können.

Dass *Phragmites communis* und *Equisetum fluviatile* sowie einige *Carex*-Arten ihre Wurzelsysteme in einem unter dem Oberflächentorf befindlichem andersartigen Torf haben am Leben erhalten können, hängt nicht von der besonderen Torfart ab, sondern von dem starken und zweckmässigen inneren Bau ihrer Wurzeln. Man findet Wurzelsysteme mehrerer tiefbewurzelten Arten ebenso tief auch an solchen Stellen, wo ein gleichartiger (eutropher) Torf bis zur Moorfläche dringt (vgl. Kotilainen, 1927, S. 76, Note).

Die botanische und die wenigstens in grossen Zügen dadurch bedingte chemische Zusammensetzung des Torfes beeinflusst die Tiefe des Wurzelsystems wenigstens insofern, als der Torfgrund in einer bestimmten Korrelation zur Zusammensetzung der Oberflächenvegetation steht, deren Konstituenten aus Pflanzen beste-

hen können, die in bezug auf die Länge ihrer Wurzelsysteme schwanken, also kurze und lange Wurzelsysteme besitzen können. Die Art des Torfbodens beeinflusst mithin indirekt auf diesem Wege die Ausdehnung des Wurzelsystems. Die Ausgeprägtheit des Verhältnisses wird durch verschiedene ökologische Horizonte getrübt, und zwar durch die Ausdehnung der Wurzelsysteme der zu derselben Oberflächenpflanzendecke gehörenden Arten in verschiedenartige Torfschichten und durch verschiedene Standböden verschiedener Arten. (Z. B. *Eriophorum latifolium*, *Carex caespitosa*, *C. globularis*, *Molinia coerulea* auf der Probefläche 50; *Carex Goodenoughii* und *Menyanthes trifoliata* auf der Probefläche 9; *Carex caespitosa* und *Phragmites communis* auf der Probefläche 54; *Phragmites communis* auf der Probefläche 63; *Molinia coerulea*, *Scirpus caespitosus* und *Eriophorum latifolium* auf der Probefläche 97.) Die Ausgeprägtheit wird auch durch die Variationsbreiten der Wurzelsystemlängen verschiedener Arten und durch die von der Torfart wenigstens in einigen Fällen unabhängige Grundwasserhöhe beeinträchtigt.

Die Huminosität des Torfes hat einen direkteren Einfluss auf die Tiefe des Wurzelsystems als die Pflanzenzusammensetzung der Torfart. In wenig humifiziertem Torf, vor allem in rohem S-Torf, befindet sich die Grundwasserfläche in Bodenerhöhungen (Bülten) einigermassen höher als in dem humifizierteren Oberflächentorf der Schlenken. So wirkt der Humifizierungsgrad auf den wichtigsten, die Tiefe des Wurzelsystems regelnden Faktor, nämlich auf die Grundwasserhöhe ein. Ferner hindert der humifizierte Torf auch oberhalb der Grundwasserfläche das Eindringen der Luft in die Wurzeln und kann auf diese Weise ebenso schädlich wie ein säurefreies Grundwasser wirken. Diese negative Wirkung betrifft vor allem die Ausdehnung der Wurzelsysteme derjenigen Arten, die ein schwach entwickeltes Aerenchym besitzen. Schliesslich ist in humifiziertem Torf das Volumgewicht grösser als in rohem Torf und der vom Torf ausgeübte Seitendruck, der für die schwach gebauten Wurzelsysteme folgenschwer sein kann, erheblicher.

4. AUF DIE LÄNGE UND REICHLICHKEIT DER WURZELHAARE EINWIRKENDE FAKTOREN.

Wie ich früher (S. 322-328) gezeigt habe, ist das Auftreten oder Fehlen von Wurzelhaaren als ein Wurzelsystemkennzeichen der verschiedenen Arten zu berücksichtigen. Von den untersuchten Moorpflanzenarten besitzen 81 Arten Wurzelhaare, während 32 solcher ermangeln. In betreff der Länge und Reichlichkeit sind aber bei vielen Arten erhebliche Unterschiede zu beobachten, die auf die Art des Standortes, vor allem auf die Feuchtigkeit des Torfes, aber auch auf den Nährstoffreichtum und die Huminosität desselben zurückzuführen sind.

Mehrere Forscher, Detmer (1872), Perseke (1877), Mér (1880), Schwarz (1883) und Hesse (1904), haben nachgewiesen, dass die Wurzelhaarbildung in einem Boden, dessen Wassergehalt das Optimum überschreitet, sowie im Wasser abnimmt oder völlig fehlt, während ein Sinken der Wassermenge eine erhöhte Haarbildung zur Folge hat. Ist die Trockenheit hinwieder allzu gross, so folgt eine Abnahme der Wurzelhaarmenge. Schwarz (1883) hat ausserdem festgestellt, dass die Länge der Haare vom Wassergehalt der Wuchsfläche abhängt. So betrug z. B. die Wurzelhaarlänge von *Avena sativa* bei an trockenen Orten wachsenden Individuen 0.5—1.1 mm, an mässig feuchten Stellen 0.8—1.3 mm und bei im Wasser wachsenden Individuen 1.1—1.9 mm.

Auf Torfböden sind die Feuchtigkeitsschwankungen gewöhnlich ziemlich gering. Auf den von mir untersuchten Probeflächen war der Feuchtigkeitsgrad meistens B_3, weshalb meine Untersuchungen verhältnismässig geringe Möglichkeiten bieten, durch Vergleiche festzustellen, ob die Länge und Reichlichkeit der Wurzelhaare von den Feuchtigkeitsverhältnissen des Standortes abhängig sind. Einige Arten konnte ich jedoch hinsichtlich ihrer Beziehung zur Feuchtigkeit auf verschiedenen Probeflächen, wo der Feuchtigkeitsgrad zwischen B_2 und B_5 schwankte, untersuchen. Es handelte sich um folgende Arten: *Scheuchzeria palustris* (Probefl. 2 u. 29), *Agrostis canina* (Probefl. 2 u. 56), *Calamagrostis phragmitoides* (Probefl. 9 u. 16), *Eriophorum polystachyum* (Probefl. 40, 71, 20 u. 22), *Scirpus caespitosus* (Probefl. 97 u. 88), *Carex echinata* (Probefl. 70 u. 98), *C. canescens* (Probefl. 3 u. 22, 35), *Juncus filiformis* (Probefl. 62 u. 35), *Or-*

chis maculatus (Probefl. 42 u. 87), *Caltha palustris* (Probefl. 48 u. 19), *Ranunculus acer* (Probefl. 108 u. 48).

Die untenstehende Tabelle zeigt, wie die Wurzelhaarlänge je nach dem Feuchtigkeitsgrad des Torfes bei diesen Arten schwankt.

Tabelle Nr. 8. Der Feuchtigkeitsgrad des Torfes und die Länge der Wurzelhaare.

Arten	Feuchtigkeitsgrad des Torfes	
	B_{2-3}	B_{3-5}
	Länge der Wurzelhaare in mm	
Scheuchzeria palustris	0.37—0.43	0.50—0.74
Agrostis canina	0.28—0.50	0.60—1.0
Calamagrostis phragmitoides	0.40—0.80	1.0 —2.4
Eriophorum polystachyum	0.16—0.36	0.37—1.5
Scirpus caespitosus	0.20—0.87	0.43—1.24
Carex echinata	0.48—0.80	0.40—1.0
C. canescens	0.25	0.67—1.24
Juncus filiformis	0.32—0.40	0.60—1.24
Orchis maculatus	0.72	0.80—2.40
Caltha palustris	0.50—0.60	0.40—1.0
Ranunculus acer	0.12—0.18	0.62—0.74

Aus der Tabelle geht hervor, dass bei den betreffenden Arten die Wurzelhaare in feuchtem Torf oder in Wasser länger als in trockenerem Torf sind.

Bei einigen Arten (z. B. *Carex echinata*, *Eriophorum alpinum*) treten die Wurzelhaare reichlicher in trockenerem als in feuchtem Torf auf. (*Carex echinata*, Probefl. 70, B_3; reichlich Wurzelhaare; Probefl. 98, B_{3-4}, weniger Wurzelhaare; *Eriophorum alpinum*, Probefl. 71, B_2, reichlich Wurzelhaare, Probefl. 23, B_4, weniger Wurzelhaare.)

Auf die Beziehung der Länge und Reichlichkeit der Wurzelhaare zu der Luminosität und dem Nährstoffreichtum des Torfes hat bisher kaum jemand seine Aufmerksamkeit gerichtet. Die Beobachtungen, die ich auf einigen Probeflächen in betreff gewisser Arten gemacht habe, geben in dieser Beziehung einige Aufschlüsse.

Folgende Arten haben zahlreichere und längere Wurzelhaare in humifiziertem als in weniger humifiziertem Torf:

Carex Oederi (Prob. 67, H_4; reichlich Wurzelhaare; Prob. 56, H_3, weniger Wurzelhaare.
C. flava (Probefl. 56, H_{5-6}; reichl. W.-H., Länge 0.32—0.48 mm; Probefl. 98, H_3; weniger Wurzelh., Länge 0.4—1.2 mm).
Orchis maculatus (Probefl. 42, mit Sand gem. Humus; Länge der Wurzelh. 0.72 mm; Probefl. 87, N-S-T, H_2; Länge der Wurzelh. 0.8—2.4 mm).
Crepis paludosa (Probefl. 28, H_{5-6}; reichl. Wurzelh., Länge 0.10—0.12 mm; Probefl. 76, H_4; weniger Wurzelh., Länge 0.20—0.25 mm).
Caltha palustris (Probefl. 19, H_3, und Probefl. 48, H_3, weniger Wurzelh., Länge 0.5—1.12 mm; Probefl. 91, H_{5-6}, mehr Wurzelh., Länge höchstens 1.2 mm).

Folgende Arten haben in nährstoffreichem (eutrophem) Torf häufig kürzere und zahlreichere Wurzelhaare als in nährstoffarmem (oligotrophem) Torf:

Carex irrigua (Probefl. 47, 52, A-C-T; Probefl. 4, S-T, Probefl. 19, C-S-T, Probefl. 96, N-S-T).
C. sparsiflora (Probefl. 43, S-A-T, Länge der Wurzelh. 0.4—0.8 mm; Probefl. 18, Po-S-T, Länge der Wurzelh. 0.7—2.0 mm; Probefl. 50, Po-T, unter A-C-T, Länge der Wurzelh. 0.6—1.0).
Juncus filiformis (Probefl. 62, A-C-T, reichl. Wurzelh., Länge 0.32—0.40 mm; Probefl. 35, C-S-T, reichl. Wurzelh., Länge bei den jungen Wurzeln I. Ordn. 0.6—0.7 mm, bei den alten Wurzeln I. Ordn. 0.8—1.0 mm, bei den Wurzeln II. Ordn. 0.9—1.24 mm).
Caltha palustris (Probefl. 48, A-C-T, Länge der Wurzelh. der Wurzeln II. Ordn. 0.5—0.6 mm, Probefl. 53, S-A-C-T, Länge der Wurzelh. der Wurzeln II. Ordn. 0.4—0.88 mm; Probefl. 91, C-S-T, Länge der Wurzelh. der Wurzeln II. Ordn. 0.62—1.12 mm).
Ranunculus repens (Probefl. 28, A-C-T, Länge der Wurzelh. der Wurzeln II. Ordn. 0.32—0.99 mm; Probefl. 73, C-S-T, Länge der Wurzelh. der Wurzeln II. Ordn. 0.74—0.99 mm).
Drosera rotundifolia (Probefl. 47, A-C-T, Länge der Wurzelh. 0.8—1,2 mm; Probefl. 12 u. 31, N-S-T, Länge der Wurzelh. 1.6—2.2 mm. Wurzelhaare kommen immer reichlich vor. Auf der Probefläche 47 ist der Torf humifizierter, H_{1-5}, als auf den Probefl. 12 u. 31, wo H_{1-2}).
Drosera longifolia (Probefl. 56, A-C-T, H_3, Länge der Wurzelh. 0.8—2.0 mm; Probefl. 30, S-T, H_1, Länge der Wurzelh. 1.4—2.0 mm. Wurzelhaare finden sich immer reichlich).

Aus den vorgelegten Untersuchungen erhellt, dass die Wurzelhaare bei vielen Moorpflanzen in feuchtem Torf oder in Wasser länger und weniger zahlreich sind als in trockenem oder mässig feuchtem Torf und dass die Wurzelhaare in schwach humifiziertem und nährstoffarmem Torf länger und weniger zahlreich sind als in humifizierterem und nährstoffreicherem Torf.

Die verschiedenen Moorpflanzen haben selbstverständlich in bezug auf die Feuchtigkeitsverhältnisse, den Humifizierungsgrad, den Nährstoffreichtum und andere Standortsfaktoren ein Optimum, Minimum und Maximum. Falls die Faktorenkonstellation an einem Standort für das Gedeihen einer gewissen Art am günstigsten ist, so ist auch die Wurzelhaarbildung, die Reichlichkeit und Länge der Wurzelhaare normal, sind die Faktoren aber ungünstig, so passt sich die Wurzelhaarbildung diesen an, so dass die Wurzelhaare entweder weniger reichlich und länger oder aber zahlreicher und kürzer werden.

VIII. DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG.

Aus den durchgeführten Untersuchungen gehen als wichtigste Ergebnisse folgende Umstände hervor:

1) Die verschiedenen Moorpflanzenarten können mit Hilfe ihrer Wurzelsystemkennzeichen bestimmt werden, wobei die allgemeinen morphologischen und anatomischen Kennzeichen des Rhizoms und der Wurzeln in Betracht kommen. [(Das Vorkommen oder Fehlen des Rhizoms, dessen Länge, Dicke und Bau; Länge, Dicke, Verzweigung und Bau der Wurzeln (namentlich der Bau der Innenrinde, das in den Wurzeln vorkommende mechanische Gewebe, das Vorkommen und die Länge der Wurzelhaare und die Mykorrhiza.)]

2) Auf Grund der morphologischen Kennzeichen der unterirdischen Teile können die Moorpflanzen in Wurzelsystemtypen gruppiert werden, wobei der anatomische Bau der zu diesen Gruppen gehörenden Pflanzen auch in gewissem Masse bestimmt ist.

3) Verfasser unterscheidet 21 derartige morphologische Wurzelsystemtypen.

4) 81 der untersuchten Moorpflanzen besitzen Wurzelhaare, bei 32 Arten fehlen solche.

5) Die Wurzeln von 45 der untersuchten Moorpflanzenarten weisen Mykorrhizen auf, bei 72 Arten fehlen solche.

6) In bezug auf die Verzweigung, Länge, Dicke und Reichlichkeit der Wurzeln und die Länge der Wurzelhaare können bei derselben Art auf verschiedenen Standorten merkbare Unterschiede bestehen.

7) Die verschiedenen Arten weisen in betreff der Tiefenausdehnung ihrer Wurzeln grosse Unterschiede auf.

8) Etwa 50 % der Wurzeln sämtlicher untersuchten Arten reichen höchstens bis zu einer Tiefe von 15 cm hinunter, und etwa 10 % der Wurzeln der betreffenden Arten dringen bis zu 50 cm Tiefe oder tiefer ein. Die Moorpflanzen haben mithin im allgemeinen sehr untief wachsende Wurzeln.

9) Die maximale Tiefe der Wurzeln variiert bei den meisten Moorpflanzen merkbar auf verschiedenen Moortypen.

10) Die grössten Schwankungen der maximalen Wurzeltiefe kommen bei folgenden Pflanzen vor: *Eriophorum polystachyum, Carex filiformis, Calla palustris, Menyanthes trifoliata, Carex Goodenoughii, Rubus chamaemorus, Comarum palustre, Scirpus caespitosus.*

11) Der in bezug auf die Tiefe der Wurzeln zwischen den verschiedenen Arten bestehende Unterschied lässt sich durch den speziellen Bau der unterirdischen Teile einer jeden Art erklären, der entweder das tiefe Eindringen der Wurzeln ermöglicht oder hindert.

12) Sauerstoffreies Grundwasser hindert im allgemeinen das tiefere Eindringen der Wurzeln der meisten Arten. Diejenigen Arten, die in der Innenrinde ihrer Wurzelsysteme Lufthöhlen oder grosse Interzellularräume (Aerenchym) besitzen, vermögen in sauerstoffreies Grundwasser einzudringen.

13) Die Wurzeln der Moorpflanzen reichen auf typischen Reisermooren tiefer hinunter als auf anderen Moortypen, am nächsttiefsten auf Bruchmooren, sodann auf Weissmooren und am wenigsten tief auf Braunmooren.

14) Der Unterschied in bezug auf den Mittelwert der maximalen Wurzeltiefe sämtlicher Moorpflanzen auf den verschiedenen

Moortypen beruht in erster Linie auf der verschiedenen Grundwasserhöhe der betreffenden Moortypen. (Auf den Braunmooren liegt der Grundwasserspiegel näher an der Mooroberfläche, auf Reisermooren steht das Grundwasser tiefer als auf anderen Moortypen.)

15) Auch die bestimmte physikalische Struktur des Torfgrundes (die Huminosität) und die Pflanzenzusammensetzung (sowie die dadurch bedingte chemische Zusammensetzung) auf verschiedenen Moortypen beeinflussen die Tiefenausdehnung der Wurzelsysteme.

16) Das periphere mechanische Gewebe und der dadurch bedingte Dehnungswiderstand oder die grosse Dehnbarkeit der Wurzelsysteme gewisser Arten macht diese auf ungünstigen Standorten konkurrenzfähig, wo Arten mit schwachem Wurzelsystem nicht gedeihen können.

17) Den meisten Moorpflanzen wird das Gedeihen in reichlichem Oberflächenwasser durch ihren dem Bau der hygrophyten Pflanzen entsprechenden Wurzelbau ermöglicht.

18) Alle untersuchten Moortypen besitzen das reichlichste Wurzelsystem im Oberflächentorf in einer Tiefe von 0—10 cm, wo der prozentuale Betrag sämtlicher im Torf vorkommenden Wurzeln zwischen 54 % und 82 % schwankt.

LITERATURVERZEICHNIS.

Aaltonen, V. T., 1920, Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. Acta Forest. Fenn., Bd. 14, N:o 1, p. 1—55.

—»— 1923, Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Eine botanisch-bodenwissenschaftliche Studie. Ibid., 25, N:o 6, p. 1—85.

von Alten, Hermann, 1908, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Wurzeln, nebst Bemerkungen über Wurzelhyllen, Heterorhizie, Lenticellen. Diss., p. 1—107.

—»— 1909, Wurzelstudien. Bot. Zeit., p. 175—199.

Auer, Väinö, 1923, Suotutkimuksia Kuusamon ja Kuolajärven vaara-alueilta. Moorforschungen in den Vaaragebieten von Kuusamo und Kuolajärvi. Metsätiet. Koel. Julk., 6 (Comm. ex Inst. Quest. Forest. Finl. Ed., 6), p. 1—368.

De Bary, A., 1877, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Hofmeister, Wilh., Handbuch der physiologischen Botanik, 3 Bd., p. 1—663. Leipzig.

Berggren, S., 1898, Det uppsvällda internodiet hos Molinia coerulea. Bot. Not., 5, p. 147—150.

Bloch, O., 1880, Untersuchungen über die Verzweigung fleischiger Phanerogamenwurzeln. Diss. Berlin.

Blomqwist, A. G., 1881, 1883, Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I Tallen. II Granen. Finska Forstför. Medd. (Zit. nach Laitakari 1927.)

Bordet, M., 1891, Recherches anatomiques sur le genre Carex. Rev. gén. de Bot. III, p. 57—69.

Brotherus, V. F., 1923, Die Laubmoose Fennoskandias. Soc. pro Fauna et Fl. Fenn., Flora Fenn. I, p. 1—635.

Brundin, J. A. Z., 1895, Über Wurzelsprosse bei Listera cordata L. Bih. t. K. Sv. Vet.-Ak. Handl., Bd. 21, Afd. III, N:o 12, p. 1—9.

—»— 1898, Bidrag till kännedomen om de svenska fanerogama örternas skottutveckling och öfvervintring. Ak. Afh., p. 1—111. Upsala.

Buchenau, F., 1890, Monographia Juncacearum. Engl. Jahrb., Bd. XII, p. 1—495.

Bünger, Heinrich, 1906, Über den Einfluss verschiedenen hohen Wassergehalts des Bodens in den einzelnen Vegetationsstadium bei verschiedenem Nährstoffreichtum auf die Entwicklung der Haferpflanze. Landw. Jahrb., 35, p. 941—1051.

Burgeff, Hans, 1909; Die Wurzelpilze der Orchideen. Jena. (Zit. nach Kirchner 1928.)

Büsgen, M., 1901, Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. Allg. Forst u. Jagd. Zeit., 77. Frankfurt a.M.

—»— 1905, Studien über die Wurzelsysteme einiger dicotyler Holzpflanzen. Flora od. allg. bot. Zeit., Bd. 95, p. 58—94. Marburg.

Cajander, A. K., 1913, Studien über die Moore Finnlands. Fennia 35, 5, p. 1—208.

—»— 1916, 1917, Metsänhoidon perusteet. I, p. XXIV + 735; II, p. VIII + 652. Porvoo.

Cannon, W. A., 1911, The root habits of desert plants. Carnegie Inst. of Washington. Publ. N:o 131, p. 1—96.

Čelakovsky, L., 1891, Ueber die Verwandschaft von Typha und Sparganium. Oesterr. bot. Zeitschr., Bd. 41.

Chatin, G.-A., 1856, Anatomie comparée des végétaux. I Plantes aquatiques, p. 1—96. Paris.

Dassonville, Ch., 1896, Action des sels sur la forme et la structure des végétaux. Rev. gen. de bot., Tom. 8, p. 284—294, 324—336.

—»— 1898, Influence des sels mineraux sur la forme et la structure des végétaux. Ibid., Tom. 10, s. 15—25, 59—68, 102—124, 161—170, 193—199, 238—260, 289—304, 335—344, 370—377.

Dehérain, P.-P., 1893, Sur l'inégale résistance à la sécheresse de quelques plantes de la grande culture. C.R. de l'Ac. d. sc., Tom. 117.

Detmer, W., 1872, Ueber den Einfluss äusserer Verhältnisse auf die Wurzelentwickelung. Landw. Versuchst., Bd. 15, p. 107—113.

Draheim, W., 1929, Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwerks von Iridaceen, Amaryllidaceen und Liliaceen. Bot. Arch., Bd. 23, p. 385—440.

Elliot, G. R. B., 1924, Relation between the downward penetration of corn roots and water level in peat soils. Ecology. New York. (Zit. nach Laitakari 1927.)

Falke, Fr., 1911, Die Dauerweiden, Bedeutung, Anlage und Betrieb derselben. 2 Aufl., p. 1—178. Hannover.

Fitting, H., 1917, Morphologie (in Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, begr. von Strasburger, Noll, Schenk, Schimper, 13 Aufl.), p. 1—172. Jena.

Frank, B., 1885, Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 3.

Frank, B., 1887, 1891, Ueber neue Mycorhiza-Formen. Ibid., Bd. 5, p. 395—409 u. Bd. 9, p. 244—253.

—»— 1888, Ueber die physiologische Bedeutung der Mycorhiza. Ibid., Bd. 6, p. 248—268.

—»— 1892, Lehrbuch der Botanik. Bd. I. (Über Mykorrhiza, p. 259—277.)

Freidenfelt, T., 1900, Studier öfver örtartade växters rötter. Förel. medd. Bot. Not., p. 209—223. Lund.

—»— 902, Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. I Ueber die Formbildung der Wurzel vom biologischen Gesichtspunkte. Flora 91, p. 115—208. Ergänzungsband. Marburg.

—»— 1904, Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. II Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhange mit dem Wassergehalt des Bodens. Bibl. Bot., Heft. 61, p. 1—118. Stuttgart.

Fuchs, A. u. Ziegenspeck, H., 1925, Bau und Form der Wurzeln der einheimischen Orchideen in Hinblick auf ihre Aufgaben. Bot. Arch., Bd. 12, p. 290—379.

Gain, E., 1895, Rôle physiologique de l'eau dans la végétation. Thèse. Paris. (Zit. nach Freidenfelt 1902.)

Gerneck, 1902, Über die Bedeutung anorganischer Salze für die Entwicklung und den Bau der höheren Pflanzen. Diss. Göttingen. (Zit. nach Hesse 1904.)

Glück, H., 1911, Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse. III Teil. Die Uferflora, p. 1—644.

Goebel, K., 1913, Organographie der Pflanzen. 2 Aufl., p. 1—838. Jena.

Goethe, 1905, Die Wurzelbildung von Obstbäumen an Strassen. Geisenh. Mitt. üb. Obst- u. Gartenbau. Heft. 1 u. 10. (Zit. nach Hilf 1927.)

—»— 1910, Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Obstbäume. Jahrb. d. Deutsch. Landw. Ges. (Zit. nach Hilf 1927.)

von Gohren, 1887, Die naturgesetzlichen Grundlagen des Pflanzenbaues. (Zit. nach Osvald 1918.)

Головянко, З. 1909. Развитіе и состояніе корневой системы, какъ условіе успѣшнаго развитія сосенъ. Труды по Лѣсному Опытному дѣлу въ Россіи, Вып. XXI. С.-Петербургъ (Zit. nach Laitakari 1927).

Haberland, G., 1896, Physiologische Pflanzenanatomie. 2 Aufl. Leipzig.

Haberlandt, F., 1879, Der allgemeine landwirtschaftliche Pflanzenbau, p. 1—760. Über die Wurzeln, p. 140—161. Wien.

Hallier, E., 1880—1882, Flora von Deutschland. Bd. 3, 4, 6, 11. V Aufl.

Hartman, C. J., 1879, Handbok i Skandinaviens flora. 11 Uppl., p. LXXXIII + 611. Stockholm.

Hegi, G., 1906, Illustrierte Flora von Mittel-Europa. Bd. 1, p. 1—411 u. 2, p. 1—405.

Heikinheimo, Olli, 1920, Kuusen iän määräämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. Metsät. Koel. Julk., 2. (Comm. ex Inst. Quest. Forest. Finl. Ed., 2.) (Zit. nach Laitakari 1927.)

Hellriegel, Herman, 1883, Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. p. 1—263. Braunschweig.

Hensen, 1892, Die Wurzeln in den tieferen Bodenschichten. Jahrb. d. Deutsch. Landw. Ges., Bd. 7. Berlin. (Zit. nach Osvald 1918.)

Hesse, H., 1904, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Wurzelhaare. Diss., p. 1—62. Jena. Greussen.

Hesselmann, H., 1910, Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet. Medd. fr. Stat. Skogsf. Anst., Häft 7, p. 91—125.

Hilf, H. H., 1927, Wurzelstudien an Waldbäumen. Die Wurzelausbreitung und ihre waldbauliche Bedeutung. P. 1—121. Hannover.

Höveler, W., 1892, Ueber die Verwertung des Humus bei der Ernährung der chlorophyllführenden Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 24, p. 283—316.

Irmisch, Th., 1853, Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen. p. 1—82. Leipzig.

—» 1854, Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen. 4 Abhandlungen, p. 1—50, 1—44, 1—38, 1—54. Halle.

Jost, L., 1878, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2 Aufl. Jena.

Jörgensen, A., 1878, Bidrag till Rodens Naturhistorie. II—IV. Bot. T., Raekke 3, Bd. 2, 3, p. 1—155.

Kamienski, Fr., 1881, Die Vegetationsorgane der Monotropa hypopitus L. Bot. Zeit. 39, p. 457—461.

Kattein, A., 1897, Der morphologische Wert des Centralcylinders der Wurzel. Bot. Centralbl., Bd. 72, p. 55—61, 91—97, 129—139.

Keso, Alma, 1908, Über Alter und Wachstumsverhältnisse der Reiser in Tavastland. Acta Soc. pro Fauna et Fl. Fenn., 31, Nr 1, p. 1—49.

—»— 1909, Varpukasveista. Luonn. Yst., Nr 1, p. 38—43.

Kihlman (Kairamo), A. Osv., 1890, Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Acta Soc. pro Fauna et Fl. Fenn., Tom. 6, p. I—VIII, 1—263, I—XXIV.

King, F. H., 1893, Natural distribution of roots in field soils. Agr. Exp. St. of the univ. Wisconsin. (Zit. nach Osvald 1918.)

Kirchner, O.-Loew, E.-Schröter, C., 1908—1925, 1928, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Spezielle Ökologie der Blütenpflanzen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Bd. I, II, IV. Stuttgart.

Klinge, J., 1879, Vergleichend histologische Untersuchungen der Gramineen- und Cyperaceen Wurzeln insbesondere der Wurzel-Leitbündel. Mém. de l'acad. imper. des scienc. de St. Petersbourg. Sér. VII, tom. XXVI, Nr. 12, p. 1—70.

Kokkonen, P., 1923, Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta Forest. Fenn., 25, Nr. 11, p. 1—21.
—»— 1927, Über das Verhältnis der Winterfestigkeit des Roggens zur Dehnbarkeit und Dehnungsfestigkeit seiner Wurzeln. Ibid. 33, Nr. 3, p. 1—15.
—»— 1930, Beobachtungen über die durch den Bodenfrost verursachte Hebung der Erdoberfläche und in der Frostschicht befindlicher Gegenstände. Maataloustieteellinen Aikakauskirja N:o 3, p. 83—100. Helsinki.
Kotilainen, Mauno J., 1927, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Wiss. Veröff. d. Finn. Moorkulturver., Nr. 7, p. 1—219. Helsinki.
Kraus, C., 1911, Untersuchungen zu den biologischen Grundlagen des Grasbaues. Fühl. Landw. Zeit, 60 Jahrg., p. 329—345, 377—401. Stuttgart.
Kroemer, Karl, 1903, Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel. Bibl. Bot., Bd. XII, Heft 59, p. 1—151.
Krömer, 1913, Das Wurzelleben der Obstbäume und Reben. Jahrb. d. Deutsch. Landw. Ges. (Zit. nach Hilf 1927.)
Kujala, V., 1926, Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland. I A. Gefässpflanzen. Metsätiet. Koel. Julk., 10 (Comm. ex Inst. Quest. Forest. Finl., Ed. 10), p. 1—154. Helsinki.
Laitakari, Erkki, 1927, Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Diss., p. 1—306. Helsinki.
Langethal, Landwirtschaftliche Pflanzenkunde I. (Zit. nach Osvald 1918.)
Lierau, M., 1888, Über die Wurzeln der Araceen. Engl. Bot. Jahrb. IX, p. 1—38.
Linkola, K., 1916, 1921, Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee. Acta Soc. pro Fauna et Fl. Fenn. 45, Nr. 1 u. 2. Nr. 1, p. 1—429, Nr. 2, p. 1—490.
Lohrer, O., 1886, Vergleichende Anatomie der Wurzeln. Diss., p. 1—42.
Lundegårdh., H., 1930, Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. II Aufl., p. 1—480. Jena. (I Aufl. 1925.)
Lüdecke, 1910, Die Verbesserung und Bewirtschaftung unbewässerter Wiesen und Weiden. Fühl. Landw. Zeit, 59 Jahrg., p. 290—314.
Mamström, C., 1923, Degerö Stormyr. En botanisk och utvecklingshistorisk undersökning över ett nordsvenskt myrkomplex. Särtr. ur Medd. fr. Stat. Skogsf. anst., Häft 20, p. 1—176. Akad. avh.
—»— 1927, Våra torvmarker ur skogsdikningssynpunkt. Ibid., Häfte 24, Nr. 24, p. 251—351.
Marcuse, M., 1902, Anatomisch-biologischer Beitrag zur Mykorrhizenfrage. Diss. Jena, Dessau. (Zit. nach Kirchner 1925).

Marggraf, G., 1896, Vergleichende Anatomie der Carexarten mit ihren Bastarden. Leipzig.

Marié, P., 1884, Recherches sur la structure des Ranunculacées. Ann. sc. nat., Sér. 6. Bot., Tom. 20.

Markle, M. S., 1917, Root systems of certain desert plants. Bot. Gaz., Vol. LXIV, p. 177—205. Chicago.

Mattern, Margarete, 1928, Die Physiognomie eines Buchenwaldes. Bot. Arch., Zeitschr. f. d. ges. Bot., Bd. 22, Heft 1, p. 1—132.

Mela, A. J.-Cajander, A. K., 1906, Suomen kasvio, p. 1—763. Helsinki.

Мельдеръ, Хр. 1911. Вліяніе корневой системы на распредѣленіе подроста около сосновыхъ сѣменниковъ въ сухомъ бору. (Résumé: Einfluss des Wurzelsystems auf die Gruppierung der Kulturen um die Samenbäume auf trockenem Sandboden.) Извѣстія Лѣсного Института, Вып. XXI. С.-Петербургъ. (Zit. nach Laitakari 1927.)

Melin, Elias, 1917, Studier öfver de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Ak. Avh., p. 1—426. Uppsala.

Mér, E., 1879, De l'influence des milieux sur la structure des racines. C. R. de l'Ac. d. sc., Tom. 88, p. 1277—1280. Paris.

—»— 1880, Des modifications de structure et de forme qu'éprouvent les racines suivant les milieux où elles végètent. Ass. franc. pour l'av. sc., Compte rendu de la 9:e session. Reims. (Zit. nach Freidenfelt 1902.)

Meyen, F., 1838, Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II. (Zit. nach Hesse 1904.)

Moeller, H., 1884, Beiträge zur Kenntnis der Verzwergung (Nanismus). Landw. Jahrb., Bd. 13.

Molisch, H., 1922, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 5 Aufl. Jena.

Mollberg, 1884, Untersuchungen über die Pilze in den Wurzeln der Orchideen. Diss., Jena. (Zit. nach Stahl 1900.)

Multamäki, S. E., 1924, Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Ref.: Untersuchungen über die Waldwachstum entwässerter Torfböden. Acta Forest. Fenn., 27, Nr. 1, p. 1—107.

Müller-Thurgan, H., 1897, Influence of nitrogen upon root formation. U.S. Depart. of Agric., Exper. St. Record. Vol. 8. (Zit. nach Freidenfelt 1902.)

Möller, A., 1902, Über die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefer im märkischen Sandboden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. (Zit. nach Laitakari 1927.)

Nilsson, N. Hj., 1885, Dikotyla jordstammar. Ak. Afh. Lunds Univ. Årskr., tom. 21. (Zit. nach Freidenfelt 1904.)

Nobbe, Fr., 1862, Ueber die feinere Verästelung der Pflanzenwurzel. Landw. Versuchst., Bd. IV, p. 212—224. Dresden.

—»— 1865, Die Züchtung der Landpflanzen im Wasser betreffend. Ibid., Bd. 7, p. 68—73.

—»— 1872, Zur Kenntnis der Bewurzelung der Gräser. Ibid., 15, p. 391—394.

Nobbe, Fr. und Siegert, T., 1864, Beiträge zur Pflanzenkultur in wässerigen Nährstofflösungen. Ibid., Bd. 6, p. 19—46, 108—120.

Noll, F., 1894, Über eine neue Eigenschaft des Wurzelsystemes. Bot. Centralbl., Bd. LX, Nr. 5, XV Jahrg., Nr. 44, p. 129—131. Cassel.

Oels, W., 1879, Vergleichende Anatomie der Droseraceae. Diss. Bresslau. (Zit. nach Freidenfelt 1904.)

Olivier, L., 1880, Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines. Thèse, p. 1—155. Paris.

Opitz, Kurt, 1904, Untersuchungen über Bewurzelung und Bestockung einiger Getreidearten. Mitt. d. Landw. Inst. d. Kön. Univ. Breslau, p. 749—816.

Osvald, H., 1915, Undersökningar af rotsystemen hos de viktigaste växterna på betesvallarna vid Flahult och Torestorp. Sv. Mosskult. Fören. Tidskr., 29 årg., p. 563—574.

—»— 1918, Undersökningar öfver rotsystemens utveckling. Ibid., 32 årg., p. 78—114.

»— 1919, Untersuchungen über die Einwirkung des Grundwasserstands auf die Bewurzelung von Wiesenpflanzen auf Moorboden. Fühl. Landw. Zeit., 68, p. 321—340, 370—386.

—»— 1923, Die Vegetation des Hoochmoores Komosse. Akad. Abh. Sv. Växtsoc. Sällsk. Handl. I. Uppsala, p. I—XXIII, 1—436.

Perseke, K., 1877, Ueber die Formveränderungen der Wurzeln in Erde und Wasser. Diss., p. 1—15. Leipzig.

Pfeffer, H., 1927, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Cyperaceen. Beih. Bot. Centralbl., XLIV, p. 1—90.

Pfeffer, W., 1877, Ueber fleischfressende Pflanzen und ueber die Ernährung durch Aufnahme organischer Stoffe überhaupt. Landw. Jahrb., p. 1—997.

Polle, R., 1910, Über den Einfluss verschiedenen hohen Wassergehalts, verschiedener Düngung und Festigkeit des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Getreide im ersten Vegetationsstadium. Journ. f. Landw. 58. Diss., p. 297—344.

von Post, L., 1924, Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Com. intern. de Pedol., IV Comiss., Nr 22. p. 286—304. Helsinki.

Raunkiaer, C., 1895—1899, De danske blomsterplanters naturhistorie. I Bd. Enkimbladede, p. 1—724. Kjøbenhavn.

Reinke, J., 1871, Untersuchungen über Wachstumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel. Bot. Abh. aus d. Geb. d.

Morph. u. Physiol., herausg. von Dr. J. Hanstein, Bd. 1, Heft 3, p. 1—50. Bonn.

Rimbach, A., 1889, Beiträge zu Physiologie der Wurzeln. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., Bd. XIII, p. 18—35.

Romanus, A., 1899, Bidrag till kännedomen om de nödvändiga mineralbasernas (Kalk, Kali, Magnesia) funktioner i de högre växterna. Ak. Afh., Acta Reg. Soc. Phys., Tom. 8. Lund. (Zit. nach Freidenfelt 1902.)

Romell, L.-G., 1922, Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. Die Bodenventilation als ökologischer Faktor. Medd. fr. St. Skogsf. Anst., Häfte 19, Nr. 2, p. 1—359.

Rommel, W., 1898, Anatomische Untersuchungen über die Gruppen der Piroleae und Clethraceae. Diss. Heidelberg. (Zit. nach Kirchner 1925.)

Rosenberg, O., 1896, Om den anatomiska byggnaden hos Parnassia palustris. Bot. Not.

Rothert, W., 1885, Vergleichende anatomische Untersuchungen über Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen. Dorpat und Berlin. (Zit. nach Kirchner 1925.)

Rotmistrov, W., 1907—1908, Die Gebiete der Verbreitung der Wurzeln bei einjährigen Kulturpflanzen. Russ. Journ. f. Landw. (Zit. nach Osvald 1918.)

Sachs, J., 1859—1860, Wurzelstudien I, II. Landw. Versuchstat.

—»— 1874, Lehrbuch der Botanik. 4 Aufl.

—»— 1887, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2 Aufl., p. 1—239.

Schenck, H., 1886, Die Biologie der Wassergewächse, p. 1—162. Bonn.

Schlicht, A., 1889, Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung und der Bedeutung der Mycorhizen. Diss., p. 1—196. Erlangen.

Schneider-Zimmermann, 1922, Botanische Mikrotechnik. 2 Aufl., p. 265—266.

Schulz-Lupitz, 1892, Über die Bewurzelung der landwirtschaftlichen Kulturgewachse und deren Bedeutung für den praktischen Ackerbau. Jahrb. d. Deutsch. Landw. Ges., Bd. 6, p. 1—78.

Schulze, B., 1911, 1914, Rotatlas, framställningar af naturliga rotbilder. I, II.

Schwarz, Fr., 1883, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd., I, Heft II, p. 135—188.

Schwarz, M., 1923, Ueber Regeneration und Verzweigung der Rhizome einiger Asparagoideen, insbesondere von Paris quadrifolius. Bot. Arch., Bd. IV, p. 154—180.

von Seelhorst, C., 1902, Beobachtungen über die Zahl und der Tiefgang der Wurzeln verschiedener Pflanzen bei verschiedener Düngung des Bodens. Journ. f. Landw. 50, p. 91—104.

Senft, E., 1888, Der Erdboden nach Entstehung, Eigenschaften und Verhalten zur Pflanzenwelt. Hannover. (Zit. nach Freidenfelt 1902.)

Sernander, R., 1891, Studier öfver skottbyggnaden hos Linnaea borealis L. Bot. Not.

Snow, L. M., 1905, The development of root hairs. Bot. Gaz., 40, p. 12—48.

Sprengel, 1850, Meine Erfahrungen im Gebiete der allgemeinen und speciellen Pflanzenkultur. II, p. 1—113.

Stahl, E., 1900, Der Sinn der Mycorhizenbildung. Jahrb. f. Wiss. Bot. 34, p. 539—668.

Stocker, Otto, 1930, Über die Messung von Bodensaugkräften und ihrem Verhältnis zu den Wurzelsaugkräften. Abdr. aus Zeitschr. f. Bot., Bd. 23, p. 1—56.

Strecker, 1921, Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser im Blüten- und blütenlosen Zustande, sowie ihr Wert und ihre Samenmischungen für Wiesen und Weiden. 8 Aufl., p. 1—250. Berlin.

—»— 1925, Die Kultur der Wiesen. Ihr Wert, ihre Verbesserung, Düngung und Pflege. 4 Aufl., p. 1—502.

Sylvén, N., 1906, Om de svenska dikotyledonernas första förstärkningsstadium eller utveckling från frö till blomning. I. Speciell del. K. Sv. Vet. Ak. Handl., Bd. 40, Nr. 2. (Zit. nach Kirchner 1923.)

Tacke, Br., 1920, Die Entwicklung der Wurzeln und der Kalkgehalt des Bodens. Fühl. Landw. Zeit., 69, p. 58—59.

Thiel, 1892, Anleitung zur Wurzelstudien. Mitt. d. Deutsch. Landw. Ges., 6. (Zit. nach Osvald 1918.)

Thouvenin, M., 1890, Recherches sur la structure des Saxifragacées. Ann. Sc. Nat., Sér. 7. Bot., Tom. 12. (Zit. nach Freidenfelt 1904.)

Van Tieghem, Ph. et Douliot, H., 1888, Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires. Ibid., Tom. VIII, p. 1—660.

Тольскій, А. П. 1911. Матеріалы по изученію состоянія и развитія корней у отдѣльныхъ сосенъ и въ насажденіяхъ Бузулукскаго бора. Тр. по Лѣсн. Оп. дѣлу въ Россіи, Вып. XLVII. (Zit. nach Laitakari 1927.)

Transeau, E. N., 1906, The bogs and bog flora of the Huron River Valley. Bot. Gaz., Bd. 41, p. 17—42.

Tucker, M. und von Seelhorst, C., 1898, Der Einfluss, welchen der Wassergehalt und der Reichtum des Bodens auf die Ausbildung der Wurzeln und der oberirdischen Organe der Haferpflanze ausüben. Journ. f. Landw., 46, p. 52—63.

Velenovsky, Jos., 1907, Vergleichende Morphologie der Pflanzen. II Teil, p. 279—731. (Über die Wurzeln, p. 368—406.) Prag.

Voss, H., 1929, Das Leben der Gewächse trockener, zur Säuerung neigender Kiefernwälder unter Hervorheben des unterirdischen Anteiles der Pflanzen. Bot. Arch., Bd. 25, p. 173—213.

—»— und Ziegenspeck, H., 1929, Zur Biocönose des Mooswaldes. Ibid., Bd. 25, p. 347—412.

Wacker, 1898, Die Beeinflussung des Wachstums der Wurzeln durch das umgebende Material. Pr. J. f. Wiss. Bot., XXXII, p. 71—116. (Zit. nach Hesse 1904.)

Wagner, Max, 1908, Versuche über den Einfluss verschiedener Ernährungsverhältnisse auf den Verlauf der Nährstoffaufnahme und morphologischen Bau der Pflanze. Landw. Versuchsst., 69, p. 161—233.

Warén, Harry, 1924, Untersuchungen über die botanische Entwicklung der Moore mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung des Torfes. Wiss. Veröff. d. Finn. Moorkulturver., Nr. 5, p. 1—95.

—»— 1926, Untersuchungen über Sphagnumreiche Pflanzengesellschaften der Moore Finnlands. Acta Soc. pro Fauna et Fl. Fenn. 55, Nr. 8, p. 1—133.

Warming, E., 1884, Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse. Den Naturh. For. Festskrift, p. 1—105.

—»— 1980, Botaniske Exkursioner 1. Fra Vesterhavskystens Marskenge. Vid. Medd. Kjøbenhavn.

—»— 1895, Plantesamfund. Grundtraek af den ökologiske Plantegeografi. Kjøbenhavn.

—»— 1897, Botaniske Exkursioner 3. Skaridsø. Vid. Medd. Kjøbenhavn.

Waterman, W. W., 1919, Development of roots systems under dune conditions. Bot. Gaz., p. 22—53.

Weaver, J. E., 1919, The ecological relations of roots. Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 286, p. 1—128.

—»— 1920, Root development in the grassland formation. Ibid., Nr. 292, p. 1—151.

—»— 1926, Root development of field crops. Mc. Graw-Hill publ. in the agric. and bot. sciences, p. 1—291.

Weber, C. A., 1902, Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde, p. 1—252. Berlin.

—»— 1908, Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands. Bot. Jahrb., Bd. XL, Beibl. 90, p. 19—34.

—»— 1913, Die Entwicklung der Wiesen und Weiden etc. Mitt. üb. d. Arb. d. Moorversuchst. in Bremen. Berlin. (Zit. nach Osvald 1915 u. 1918.)

Werner, Hugo, 1907, Handbuch des Futterbaues, p. 1—478. Berlin.

Wille, F., 1926, Beiträge zur Anatomie des Cyperaceen-rhizoms. Beih. Bot. Centralbl., Abt. I, 43, p. 267—309.

Wittrock, V. B., 1878—1879, Om Linneae borealis L. En jemförande biologisk, morfologisk och anatomisk undersökning. Bot. Not, p. 17—32, 49—54, 83—96, 122—126 (1878) u. 9—20, 131—150 (1879).

Ziegenspeck, H., 1928, Orchidaceae. (In Kirchner, O., 1928, p. 1—190.)

BERICHTIGUNGEN.

S. 67 8 Zeile v.u. statt H_{4-5} lies: H_{4-5}.
» 129 10 » » soll (Fig. 35), wegbleiben, dagegen soll (Fig. 35) auf der Seite 132, Zeile 14 v.u., vor dem Worte Durchmesser, sein.
» 181 17 Zeile v.o. statt (Fig. 42) lies: (Fig. 44)
» 250 10 » v.u. » (» 64) » (» 65)
» 259 statt Fig. 68 (*Angelica silvestris*) lies: Fig. 70.
» 259 6 Zeile v.u. statt (Fig. 68) lies: (Fig. 70)
» 263 statt Fig. 69 (*Pirola minor*) lies: Fig. 71.
» 266 » » 70 (*Pirola rotundifolia*) lies: Fig. 72.
» 267 1 Zeile v.u. statt (Fig. 71) lies: (Fig. 73).
» 268 statt Fig. 71 (*Ledum palustre*) lies: Fig. 73.
» 269 2 Zeile v.u. statt (Fig. 72) lies: (Fig. 74).
» 270 statt Fig. 72 (*Cassandra calyculata*) lies: Fig. 74.
» 276 2 Zeile v.u. statt (Fig. 73) lies- (Fig. 75).
» 277 statt Fig. 73 (*Vaccinium vitis idaea*) lies: Fig. 75.
» 280 18 Zeile v.o. statt (Fig. 74, 1) lies: (Fig. 76, 1).
» 295 10 » » » (» 79) lies: (Fig. 81)
» 304 9 » v.u. » (» 81) » (» 83)
» 317 12 » v.o. » *Ebilobium* » *Epilobium*
» 318 10 » » » Bältter » Blätter
» 320 16 » v.u. » kräuterartige lies: b) kräuterartige
» 337 16 » links v.u. statt (zieml. lies: zieml. spärl.)
» 337 18 » » » soll das Wort spärl.) wegbleiben
» 348 19 » » v.o. statt S. 00 lies: S. 14—16
» 349 8 » » » *coerula* lies: *coerulea*
» 350 13 » » » Stickstoff lies: Sauerstoff
» 356 5 » » » (S. 00) » (S. 351)
» 360 soll die Tabelle (Nr. 3) auf der folg. Seite sein
» 361 » » » (» 2) » » vorig. » »
» 384 8, 12, 15, 16, 17 und 24 Zeile v.o. statt Säuremangel, Säurezufuhr, säurearmem, säurefreiem, Säurezufuhr lies: Sauerstoffmangel, Sauerstoffzufuhr, sauerstoffarmem, sauerstoffreiem, Sauerstoffzufuhr
» 390 7 Zeile v.o. statt (vgl. S. 0) lies: (vgl. S. 372—375)
» 395 12 » » » (1920, » (1923,
» 395 17 » » » (1923, » (1924,
» 416 11 » » » p. 1—56 » p. 27—56.

SUOMENKIELINEN SELOSTUS.

TUTKIMUKSIA SUOKASVIEN JUURISTOISTA.

Koska niinhyvin meillä Suomessa kuin muuallakin tähän saakka on sangen vähän kiinnitetty huomiota suokasvien juuriston morfologisiin, anatomisiin ja ekologisiin suhteisiin, kehoitti prof. K. Linkola tekijää jo kevättalvella v. 1927 ryhtymään näitä seikkoja tutkimaan. Tästä kehoituksesta sai alkunsa se työ, joka nyt tässä valmistuneena esitetään. Suomalainen Eläin- ja Kasvitieteellinen Seura Vanamo on raha-avustuksin tukenut työtä.

Tutkimukset on suoritettu kesinä 1927 –1930 Pohjois-Suomessa, suurin osa Sotkamossa, etupäässä Jormasjärven lähistöllä. Koealoja on kaikkiaan 109, niistä Sotkamossa 99, Paltamossa 6 ja Oulun lähistöillä 4. Suo-koealoja (niihin luettuna turveperäiset niityt ja soilla olevat vesikuopat) on 95 ja 14 on muunlaisia koealoja, kuten hiekka- tai kivikkorantoja, metsiä y.m., joilla eräitten kasvien juuristoja on tutkittu vertailun vuoksi. Koealojen kasvipeitekuvaukset suotyyppiselityksineen on esitetty s. 29 –52. Koeala-kuvauksissa mainitaan lisäksi turpeen paksuus, turvelaatu, turvekaava (von Postin 1924 mukaan) ja usein myöskin pohjaveden korkeus ja turpeen pH. Suotyyppiselityksissä on, mikäli mahdollista, noudatettu Cajanderin tunnettua suotyyppijakoa (Cajander 1913). Tutkimusainehisto käsittää kaikkiaan 118 eri lajia ja esiinpreparoituja tai profiilileikkausten avulla selvitettyjä juuristoja on lähes 1,300 kpl. Tähän tulevat lisäksi eräillä määrätyillä koealoilla tehdyt profiilit, joitten avulla on selvitetty juuriston runsautta eri syvyydellä turpeessa. Juuristojen esiinkaivamisessa käytetyistä työvälineistä ja -menetelmistä on tehty selkoa ss:lla 20—23 ja 351, 356.

Kirjallisuuskatsauksesta (s. 3—18) käy selville, että juuria käsittelevä kirjallisuus on nykyään jo sangen laaja ja monipuolinen. Varsinkin on juurien fysiologiaa ja myöskin eräitten kasviryhmien kasvien juurien anatomiaa tutkittu sangen paljon. Morfologisia ja ekologisia juuristotutkimuksia on sitävastoin paljon vähemmän. Sangen monet niistä tutkimuksista, jotka selostavat heinä- tai ruohokasvien joitakin fysiologisia, anatomisia tai morfologisia ominaisuuksia, ovat kokeellisia tutkimuksia, jotka perustuvat ravintoliuos- tai multaviljelyksissä kasvatettujen, usein taimiasteella olevien kasvien juuristoista tehtyihin huomioihin. Harvat kasvitieteilijät ovat tutkineet kasvien

juuristoja niitten luonnollisilla kasvupaikoilla ja johtunee tämä laiminlyönti niistä vaikeuksista, jotka tällaisissa tutkimuksissa kohtaavat työn tekijää. Kaikkein vaillinaisimmin tässä mielessä tutkittuihin kasveihin kuuluvat metsissämme ja varsinkin soillamme esiintyvät yleiset ruohovartiset kasvit. Näitten kasvien juuriston morfologisista, anatomisista ja ekologisista seikoista tiedetään hämmästyttävän vähän, jopa niin vähän, että sangen monien suokasvien juuristoista ei ole minkäänlaisia tietoja laajassa kasvitieteellisessä kirjallisuudessa.

Pääosan tutkimuksesta muodostaa luku IV (s. 53—313), jossa laji lajilta tehdään selkoa tutkittujen yksilöitten juuristojen niinhyvin morfologisista kuin anatomisista tuntomerkeistä. Tärkeimmistä juuristotyypeistä on tekstiin liittyviä kuvia. Suurimmasta materiaalista (erilaisilta kasvupaikoilta) tutkittujen lajien juuristokuvausten lopussa on lyhyt yhteenveto, jossa esitetään myöskin jonkunverran vertailua erilaisilta kasvupaikoilta otettujen juuristojen välillä. Kasvupaikkatekijöistä johtuen voi saman lajin juuriston habituksessa, juurien pituudessa ja paksuudessa, juurikarvojen esiintymisessä, juuriston ulottuvaisuussuhteissa j.n.e. olla huomattaviakin eroavaisuuksia erilaisilla kasvupaikoilla.

Morfologisten tuntomerkkien perusteella on tutkittujen kasvien juuristot ryhmitetty 21:een juuristotyyppiin (s. 311—320). Näitten tyyppien ja niihin kuuluvien yksityisten lajien juuristotuntomerkkien avulla voidaan määrätä minkä lajien juuristoja ovat eri syvyydeltä otetuissa turvenäytteissä tavattavat juuret ja juurakot tai niitten kappaleet. Juuristotyyppijaoituksen jälkeen tehdään selkoa eri tyyppien huomattavimmista anatomisista tuntomerkeistä. Tällöin on erikoista huomiota kiinnitetty juuren kuoressa esiintyviin soluväleihin (s. 330—332), juurikarvojen esiintymiseen (s. 333—338) ja mykorrhizan esiintymiseen (s. 339—342). Myöskin juurien venymiskykyyn ja uudistuskykyyn on jonkunverran huomiota kiinnitetty (s. 343—346).

Luvussa VI (s. 347—383) tehdään selkoa juuriston esiintymistä, ulottuvaisuutta ja runsautta koskevista seikoista. Suokasvien juurien ulottuvaisuussuhteisiin, erikoisesti syvyysulottuvaisuuteen, on aikaisemmin kiinnitetty sangen vähän huomiota. Mainittavia ovat ainoastaan Lüdecken (1910), Weberin (1913), Osvaldin (1918, 1919) ja Kotilaisen (1927) tutkimukset. Taulukosta N:o 1 (s. 352—355) käy selville tutkittujen kasvien juurien maksimisyvyys erilaisilla soilla. Taulukko osoittaa, että eri suokasvilajien juuristot ulottuvat hyvin erilaisiin syvyyksiin, että eräitten lajien juurien syvyys on enintäin 5 cm suon pinnasta, että useimpien lajien juuret ulottuvat 10—15 cm syvyyteen, että vain harvojen lajien (n. 10 % tarkastetuista lajeista) juuriston syvyys on enemmän kuin 50 cm ja että useitten lajien juuristojen maksimisyvyydessä on suuria eroavaisuuksia eri suotyypeillä. Taulukosta selviää myöskin, että juuristo tyypillisillä rämeillä ulottuu syvemmälle kuin muilla suotyypeillä, lähinnä syvimmälle se ulottuu korvissa, sitten

nevoilla ja matalimmassa ovat juuret letoilla. Taulukko N:o 3 (s. 360) osoittaa, että juuristojen maksimisyvyyksien keskiarvo rämeitä edustavilla soilla (koealat N:o 7, 8, 9, 12, 97) on n. 33 cm, korpia edustavilla soilla (koealat N:o 13, 16, 19, 69, 73) n. 22 cm, nevoja edustavilla soilla (koealat N:o 2, 5, 6, 29, 78) n. 19.5 cm ja lettoja edustavilla soilla (koealat N:o 46, 47, 56, 75, 98) n. 14 cm. Erikoisesti on tutkittu juuriston syvyyttä erilaisessa turvelaadussa (s. 362—370) ja juuriston syvyysulottuvaisuuden suhdetta pohjaveden korkeuteen (s. 370—375, Taul. N:o 4, s. 372—375). Elävän juuriston runsautta eri syvyydeltä selostavista tutkimusmenetelmistä ja tutkimuksen tuloksista (viidellä erilaisella koealalla) tehdään selkoa s. 376—383. Selville on käynyt (vert. Taul. N:o 5, s. 381), että juurimassan paino on kovin erilainen näiltä eri suotyyppejä edustavilta koealoilta otetuissa samankokoisissa turvenäytteissä. Tutkitulla letolla (koeala N:o 46) ja eutrafenttisellä nevalla (koeala N:o 3) on runsain juuristo, vähimmän juuristoa on lyhytkortisella nevalla (koeala N:o 5) ja korvessa (koeala N:o 13), kuten näillä koealoilla kasvavien putkilokasvien yksilötiheydestäkin jo voi päätellä. Taulukosta käy myös selville, että suokasveilla on runsain juuristo lähellä pintaa (0—10 cm syvällä) ja että juuristo vähenee kuta syvemmälle turpeessa tullaan. Juuria on huomattavasti paljon enemmän pohjaveden pinnan yläpuolella kuin pohjavedessä. Tarkastetuilla koealoilla on keskimäärin (vert. Taul. N:o 6, s. 383) 91 % kaikista elävistä juuristoista pohjaveden pinnan yläpuolella ja 9 % pohjavedessä.

Luvussa VII (s. 384—404) käsitellään juuriston esiintymiseen, ulottuvaisuuteen ja muotosuhteisiin vaikuttavia endogenisiä ja eksogenisiä tekijöitä jolloin erikoista huomiota on kiinnitetty juurien sisärakenteen merkitykseen ulottuvaisuuteen vaikuttavana tekijänä (s. 385—389), pohjaveden korkeuden merkitykseen juuriston syvyyteen ja kasvipeitteen kokoomukseen vaikuttavana tekijänä (s. 390—395) ja syvyyden riippuvaisuuteen turvelaadun kasvikokoomuksesta ja huminositeetistä (s. 395—400). Suoritetuista tutkimuksista on käynyt selville m.m. (s. 389), että ainoastaan ne suokasvit (lajit mainittu s. 370), joitten juurien tai juurakoitten kuoressa esiintyy suuria ilmaa johtavia soluvälejä tai ilmaonteloita, voivat ulottaa juuristonsa syvemmälle turpeeseen (hapettomaan pohjaveteen saakka) ja pienisoluväliset juuristot leviävät vain ylempään turpeeseen. Taulukko N:o 7 (s. 391) osoittaa, että kuta syvemmällä pohjaveden pinta on, sitä syvemmälle (keskimäärin) ulottuvat siinä kasvavien kasvien juuristot, ja kuta korkeammalla pohjaveden (normaalinen) pinta on, sitä matalammassa ovat kasvien juuristot. Koska pohjaveden pinta letoilla yleensä on korkeammalla kuin muilla suotyypeillä, ovat juuristot letoilla lähempänä pintaa kuin muilla suotyypeillä ja koska pohjavesi rämeillä on syvemmällä kuin muilla suotyypeillä, ulottuvat juuristot rämeillä syvemmälle kuin muilla suotyypeillä (s. 392). Pohjaveden korkeus ei siis ole ainoastaan tärkein tekijä, joka reguloi eri suokasvilajien juuriston syvyyttä, vaan sen erilainen

korkeus eri suotyypeillä määrää myöskin tärkeänä tekijänä suokasvipeitteen määrätynlaisen kokoomuksen niillä. Turpeen kasvikokoomuksella yksinomaisena tekijänä ei yleensä liene suurta merkitystä yksityisten lajien juuriston syvyysulottuvaisuudelle. Tämä käy selville esim. siitä, että samallakin lajilla voi juuriston ulottuvaisuus vaihdella määrätynlaisessa turpeessa ja siitä, että eri lajien juuristojen ulottuvaisuudessa samalla kasvupaikalla voi olla suuriakin eroavaisuuksia (s. 396—397). Turpeen botaninen ja siitä ainakin suurpiirteisesti myös kemiallisesti johtuva kokoomus vaikuttaa juuriston syvyyteen ja yleensä ulottuvaisuuteen kuitenkin sikäli, että turvealusta on määrätyssä korrelatiossa pintakasvipeitteen kokoomukseen, jonka konstituentteina saattaa olla juuristopituudeltaan vaihtelevia, siis lyhyt- ja pitkäjuuristoisia kasveja. Turvealustan laatu vaikuttaa siis välillisesti tätä tietä juuriston ulottuvaisuuteen. Turpeen humonisiteetillä on välittömämpi vaikutus juuriston syvyyteen kuin turvelaadun kasvikokoomuksella. Vähän humifioituneessa turpeessa, ennenkaikkea raa'assa S-turpeessa, on pohjaveden pinta pintakohoumissa (mättäissä) jonkunverran korkeammalla kuin välikköjen mutautuneemmassa pintaturpeessa. Täten vaikuttaa humifioitumisaste tärkeimpään juuriston syvyyttä reguloivaan tekijään, nim. pohjaveden korkeuteen. Humifioitunut turve pohjaveden pinnan yläpuolellakin estää ilman tunkeutumisen juuriin ja voi siten vaikuttaa yhtä haitallisesti kuin hapeton pohjavesi. Tämä negatiivinen vaikutus koskee ennenkaikkea niiden lajien juuristojen ulottuvaisuutta, joilla on heikosti kehittynyt tuuleutussolukko (pienet soluvälit sisäkuoressa). Mutautuneella turpeella on myös suurempi tilavuuspaino kuin raa'alla turpeella ja turpeen aiheuttama sivupuristus suurempi, mikä voi olla kohtalokasta hentorakenteisille juuristoille.

Tutkimuksesta saadut tärkeimmät tulokset esitetään yhteenvetoina s. 405—407.

OSA 1. — TOM. 1.

Siv.-Pag.

N:o 1. METSÄVAINIO, KAARLO, Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. (Mit 86 Abbildungen im Text und 8 Texttabellen.) .... I—VII; 1—418

Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia suokasvien juuristoista ..... 419—422